МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра автоматизованих систем
моніторингу навколишнього середовища

КОМПЛЕКСНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: Розробка моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції

Склад:

Частина 1. Розробка та дослідження моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною

Виконавець: Рибченко М.Е
(П.І.Б.)

Керівник: Перелигін Б.В.
(П.І.Б.)

Частина 2. Розробка моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з фазованою антенною решіткою

Виконавець: Зенченко Д. С.
(П.І.Б.)

Керівник: Перелигін Б.В.
(П.І.Б.)

Староста роботи: Зенченко Дмитро Сергійович
(П.І.Б.)

Провідний науковий керівник: Перелигін Борис Викторович
(П.І.Б.)

Рецензент: Ковальчук Володимир Володимирович
(П.І.Б.)

ОДЕСА 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра автоматизованих систем
моніторингу навколишнього середовища

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Розробка та дослідження моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною

Виконав студент 2 курсу групи МК-62
спеціальності 8.05010105 Комп'ютерний
еколого-економічний моніторинг,
Рибченко Михайло Едуардович

Керівник к.т.н., доц.
Перелигін Борис Вікторович

Консультант _____

Рецензент д.ф.-м.н., проф.
Ковальчук Володимир Володимирович

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут, факультет магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрям підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 8.05010105 Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри автоматизованих систем моніторингу навколишнього середовища
_____Перелигін Б.В.
"_31_" _жовтня__ 2016 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

РИБЧЕНКО МИХАЙЛУ ЕДУАРДОВИЧУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка моделі та дослідження формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною
керівник роботи Перелигін Борис Вікторович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від „14" вересня 2016 року №270-с
2. Строк подання студентом роботи 31. 01. 2017 р.
3. Вихідні дані до роботи Існуючі системи радіолокаційного моніторингу навколишнього середовища, розроблена система радіолокаційного моніторингу навколишнього середовища, критерії оптимізації системи моніторингу навколишнього середовища
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз методів формування зони спостереження метеорологічних радіолокаційних станцій
2. Розробка моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції
3. Розробка програмного забезпечення моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною
4. Управління проектом

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання __31_жовтня_ 2016 року____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Одержання завдання на виконання магістерської роботи	31.10.2016		
2	Пошук та підбір літератури та інших джерел інформації	03.11.2016		
3	Проведення аналізу предметної області і написання першого розділу пояснювальної записки до магістерської роботи	15.11.2016		
4	Розробка моделі в заданій предметній області і написання другого розділу пояснювальної записки до магістерської роботи	30.11.2016		
5	Рубіжна атестація	07.12.2016		
6	Розробка програмного коду моделі і написання третього розділу пояснювальної записки до магістерської роботи	15.12.2016		
7	Розробка і написання четвертого розділу пояснювальної записки до магістерської роботи	31.12.2016		
8	Виготовлення презентації	07.01.2017		
9	Друкування пояснювальної записки	10.01.2017		
10	Одержання висновку керівника магістерської роботи	01.02.2017		
11	Проходження нормативного контролю	03.02.2017		
12	Переплетіння пояснювальної записки	06.02.2017		
13	Одержання рецензії	07.02.2017		
14	Одержання висновку кафедри про допуск роботи до захисту	07.02.2017		
15	Здача готової магістерської роботи і документів секретарю АК	09.02.2017		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня за етапами)			

Студент _____ Рибченко М.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Перелигін Б.В.___
(підпис) (прізвище та ініціали)

АННОТАЦІЯ

Представлена магістерська робота Рибченко Михайла Едуардовича, на тему «Розробка моделі формування зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною».

Вона складається з двох частин: теоретичної та практичної.

Мета даної роботи – призначена для моделювання радіолокаційної станції та процесу радіолокаційного огляду. Вихідною інформацією для даної моделі є модель атмосферної обстановки. У програмній системі реалізовані наступні основні можливості.

Налаштування основних параметрів метеорологічної радіолокаційної станції. Введення початкових значень таких як крок кута, дальність. Запуск процесу радіолокаційного огляду, присутній також зупинка і режим перемикання камерами.

Система представлена в графічному вигляді виконана в 3D моделі.

Модель створена в програмної середовищі Autodesk 3ds Max.

Підключаемі модулі управляються за допомогою Microsoft Visual Studio. Інтерфейс програми доброзичливий, зручний і не вимагає особливих навичок для управління додатком.

Для порівняння предствлена 2 моделі відмінні один від одного системою управління. Одна використовує механічне обертання по азимуту місця, інша ж в свою чергу виконана в четирехнаправленном положенні під управлінням електронної системи променя.

Магістерська робота містить: 90 с., рис. 28, табл. 1 додатки 2, використаних літературних джерел 25.

Ключеві слова: метеорологічної радіолокаційної станції, РСЛ, ФАР.

SUMMARY

Presented master thesis Rybchenko Michael E., on the theme "Development model of surveillance zone meteorological radar antenna with a parabolic mirror."

It consists of two parts: theoretical and practical.

The purpose of this work - designed for radar modeling and process radar view. The background for this model is a model of atmospheric conditions. In the software system has the following main features.

Setting up the basic parameters of meteorological radar. Entering initial values such as pitch angle range. Starting the process of examination of the radar, there is also a stop and mode switch cameras.

The system is represented graphically made in 3D models.

The model was created in the software environment Autodesk 3ds Max.

Connected modules are managed using Microsoft Visual Studio. The program interface is friendly, easy and requires no special skills to manage the application.

For comparison predstvlena 2 models differ from one management system. One uses a mechanical rotation in azimuth space, the other in turn made in chetyrehnapravlennom situation under control electronic system beam.

Master's work includes: 89 sec., Fig. 28 Table. 1 2 applications used literature 25.

Key words: meteorological radar, RSL.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ……
ВСТУП…….....9
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ……..….11
1.1 Принцип побудови діаграми направленості метеорологічних радіолокаційних станцій……..…11
1.2 Основні типи дзеркальних антен …….....……19
1.2.1 Параболічні антени…….....……19
1.2.2 Сферичні антени…….....……22
1.2.3 Багатодзеркальні антени….....……25
1.2.4 Двухдзеркальні антени…….....……....33
1.2.5 Трьохдзеркальні антени…….....……35
1.3 Принцип побудови зони спостереження метеорологічних радіолокаційних станцій ……36
2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ ….....…..44
2.1 Розробка моделі радіолокаційної станції з використанням параболічної дзеркальної антени.....…44
2.1.1 Комплексне рішення для 3D-моделювання Autodesk 3d...…44
2.1.2 Інтегроване середовище розробки MicrosoftVisualStudi...…45
2.1.3 Інструмент для розробки додатків Unity.....…46
2.2 Розробка алгоритма побудови зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною ……..…...…48
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ З ПАРАБОЛІЧНОЮ ДЗЕРКАЛЬНОЮ АНТЕНОЮ……....51
3.1 Проектування програмного забезпечення …….51

3.1.1 Загальний опис програми та її вид.....…51
3.1.2 Програма 1….....52
3.1.2 Програма 2….....54
3.1.2 Ручний режим ….....56
3.1.2 Секторний режим ….....58
3.2 Проектування тестів …….……..……61
4 КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ……63
4.1 Планування проекту …..…….……..…63
4.2 Керування рисками проекта …… ..……....67
4.3 Оцінка трудомісткості і термінів розробки програмного забезпечення…… ……...…68
ВИСНОВКИ…….....72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……...….....73
ДОДАТКИ…...…….....75
Додаток А Графічна частина магістерської роботи..……...….....76
Додаток Б Кодова частина магістерської роботи……..….80

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Інтернет – глобальна телекомунікаційна мережа інформаційних і обчислювальних ресурсів

WWW – (World Wide Web) розподілена система, що надає доступ до пов'язаних між собою документів, розташованим на різних комп'ютерах, підключених до Інтернету

РЛС – радіолокаційна станці

ДН – діаграмма направленності

ХН – характеристикою направленості

НВЧ – надвисокі частоти

ЗСО – зона санітарної охорони

НЯ – небезпечні метеорологічні явища

РВ – рівень втручання

МС – метеостанції

МР – муніципальний район

ПЕД – потужність експозиційної дози

ВСТУП

Радіотехнічне пристрій, призначений для спостереження радіолокації – радіолокаційна станція (РЛС) спільно з об'єктом спостереження (радіолокаційної метою (і середовищем, в якому відбувається поширення радіохвиль, утворює радіолокаційний канал. Радіолокаційний канал служить для того, щоб формувати повідомлення Про наявність мети, її параметрах, положенні і швидкості руху. Під дією цих факторів в процесі радіолокаційного спостереження створюється радіолокаційний сигнал. Радіолокаційне дослідження Землі, засноване на вивченні сигналів, випромінюваних і розкритих земною поверхнею, водними просторами і атмосферою, проводиться активними РЛС і, РЛС, приймати власні радіотепловое випромінювання об'єктів. Для досліджень, що вимагають точно вимірювати амплітуду прийнятих сигналів, застосовують спеціальні активні РЛС – скатерометри. Радіотеплокаціонная станція, вирішальна подібне завдання, називається радіометром.

Характерна особливість об'єктів радіолокаційного спостереження при дослідженні Землі (атмосфери, водної поверхні, суші, різних об'єктів, народногосподарського значення) полягає в тому, що їх розміри, як правило, перевищують розміри дозволеного елемента. Нагадаємо, що під роздільною здатністю розуміють здатність РЛС вести радіолокаційне спостереження за цілями, вимірювані координати (або швидкості руху) яких мало різняться. Роздільна здатність визначається дозволеними значенням відповідного параметра - відстані, кута, швидкості. Дозвіл по дальності - це мінімальна відстань між цілями (ΔR), розташованими на одній прямій з РЛС, при якому ці цілі спостерігаються роздільно. Аналогічно мінімальний кут між напрямками на дві рівновіддалені мети, які виявляються роздільно, називається дозволеними кутом (по азимуту $\Delta\alpha$ або куту місця $\Delta\beta$).

Зосередженими цілями називають відображають об'єкти, розміри яких багато менше дозволяє елемента. Об'єкти з розмірами порядку дозволеного елемента або більше, що складаються з безлічі елементарних відбивачів, відносять до множинних цілям. Якщо такі цілі перекривають вирішуваний елемент і мають в його межах статистично однорідну структуру, то вони називаються розподіленими. Розрізняють цілі, розподілені за обсягом і по поверхні. Водні простори і суша є типовими поверхнево розподіленими цілями. Прикладом цілей, розподілених за обсягом можуть служити хмари, зони опадів і турбулентності атмосфери. При вивченні процесів формування радіолокаційного сигналу, розгляді принципів побудови РЛС для дослідження Землі та оцінці їх параметрів необхідно постійно враховувати специфіку об'єкта спостереження як складної розподіленої мети.

Сигнали власного радіо теплового випромінювання тіл за своєю природою істотно відрізняються від радіолокаційних сигналів, розкритих цими тілами. Як відомо, радіо теплове випромінювання реальних (нечорним) тел, крім температури, визначається їх поглинаючою здатністю. Можливість спостерігати об'єкти обумовлена, головним чином, відмінністю їх поглинальної здатності.

Поглинання та відбиття електромагнітної енергії – явища взаємопов'язані: чим більше тіло поглинає, тим менше воно відображає і навпаки. Тому дані, одержувані в результаті огляду Землі активними і пасивними радіолокаційними засобами, можна умовно порівняти між собою як позитив і негатив. Зрозуміло, насправді електромагнітні коливання, випромінювані і відбивані об'єктами в напрямку до РЛС, пов'язані дуже складними залежностями і порівняння «позитив - негатив» є лише вельми наближеною аналогією.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Принцип побудови діаграми направленості метеорологічних радіолокаційних станцій

Кожна антена випромінює в простір електромагнітну енергію по-різному.

Функція, що показує, як розподілено в просторі як електромагнітне поле, що випромінюється антеною, називається характеристикою направленості (ХН).

З теорії електромагнітного поля ми знаємо, що комплексна амплітуда напруженості електричного поля елементарного випромінювача в будь – якій точці далекої зони може бути записана у вигляді,

$$E(\theta,\varphi)=\frac{I}{r}*f(\theta,\varphi)e^{-j\beta r}, \qquad (1.1)$$

$f(\theta,\varphi)=f(\theta,\varphi)e^{j\phi(\theta,\varphi)}$ – деяка комплексна функція, що залежить від антени (її називають комплексною діаграмою направленості антени).

Модуль цієї функції характеризує залежність амплітуди поля антени від просторових кутів в рівновіддалених точках і називається амплітудною діаграмою направленості [1].

Амплитудную діаграму направленості ще називають характеристикою направленості по полю, а її графічне зображення – діаграмою направленості (ДН).

У літературі найбільш широке поширення набув термін – діаграма направленості. Тому в посібнику ми також будемо широко застосовувати цей термін, не забуваючи, що це графічне зображення характеристики направленості антени.

З виразу отримуємо, що амплітуда поля будь – антени з лінійною поляризацією для далекої зони буде такою:

$$E=|E|=\frac{I}{r}f(\theta,\varphi). \qquad (1.2)$$

Аргумент функції характеризує залежність початкової фази поля від просторових кутів в рівновіддалених точках і називається фазовою ДН антени.

Діаграму направленості антени визначають в дальній зоні, в якій вид ДН не залежить від відстані.

Діаграми направленості розрізняють по полю і по потужності.

Діаграмою (або характеристикою) направленості по полю називається залежність амплітуди поля, випромінюваного антеною, від просторових кутів і постійній відстані від антени до точок спостереження.

Як зазначалося вище, функція являє собою модуль комплексної ДН і є просторовою функцією. ДН може бути виражена у вигляді формули аналітично або у вигляді певної поверхні – графічно [2].

З розрахунків або в результаті вимірів можна отримати будь – який масштаб функції тобто найрізноманітніші максимальні значення цієї функції. При цьому виявляється дуже важко порівнювати спрямовані властивості різних антен. Для порівняння спрямованих властивостей різних антен зручним є використання нормованих ДН.

У літературі найбільш широке поширення набув термін – діаграма направленості. Тому в посібнику ми також будемо широко застосовувати цей термін, не забуваючи, що це графічне зображення характеристики направленості антени.

З виразу отримуємо, що амплітуда поля будь-антени з лінійною поляризацією для далекої зони буде такою:

$$E=|E|=\frac{I}{r}f(\theta,\varphi). \qquad (1.3)$$

Аргумент функції характеризує залежність початкової фази поля від просторових кутів в рівновіддалених точках і називається фазовою ДН антени.

Діаграму направленості антени визначають в дальній зоні, в якій вид ДН не залежить від відстані.

Діаграми направленості розрізняють по полю і по потужності.

Діаграмою (або характеристикою) направленості по полю називається залежність амплітуди поля, випромінюваного антеною, від просторових кутів і постійній відстані від антени до точок спостереження.

Як зазначалося вище, функція являє собою модуль комплексної ДН і є просторовою функцією. ДН може бути виражена у вигляді формули (аналітично) або у вигляді певної поверхні (графічно).

З розрахунків або в результаті вимірів можна отримати будь-який масштаб функції тобто найрізноманітніші максимальні значення цієї функції. При цьому виявляється дуже важко порівнювати спрямовані властивості різних антен. Для порівняння спрямованих властивостей різних антен зручним є використання нормованих ДН.

Нормованої ДН називається відношення значення ДН в довільному напрямку до її максимального значення.

Знаючи значення максимальної напруженості поля з виразу можна визначити напруженість поля в будь-якому напрямку

Видно, що всі нормовані ДН мають максимум, що дорівнює одиниці:

$$F(\theta,\varphi)=\frac{f(\theta,\varphi)}{f_{макс(\theta,\varphi)}}=\frac{E(\theta,\varphi)}{E_{макс(\theta,\varphi)}}. \qquad (1.4)$$

Діаграмою направленості по потужності називається залежність щільності потоку випромінюваної потужності 1 від просторових кутів Ѳ і У

при постійній відстані від антени до точок спостереження. ДН за потужністю позначається

Нормована ДН за потужністю визначається аналогічно - висловом:

$$F(\theta,\varphi)=\frac{\Pi(\theta,\varphi)}{\Pi_{макс(\theta,\varphi)}}=\frac{E^2(\theta,\varphi)}{E^2_{макс(\theta,\varphi)}}=F^2(\theta,\varphi). \quad (1.5)$$

Таким чином, ми бачимо, що ДН по полю і по потужності пов'язані простим співвідношенням

$$F_p(\theta,\varphi)=F^2(\theta,\varphi). \quad (1.6)$$

Найбільший пелюсток називається головним, а напрямок, в якому поле має найбільшу величину, – напрямком головного максимуму. Решта пелюсток називають бічними або побічними. Пелюстка, протилежний головному, називають заднім пелюсткою. Напрямки, в яких антена не випромінює, називається "нульовими" напрямками (або напрямами "нульового" випромінювання).

Діаграма направленості в цих взаємно перпендикулярних площинах характеризуються формою головної пелюстки, (рис. 1.1) його шириною, а також рівнем бічних пелюсток.

Вище вже зазначалося, що ДН – це просторова фігура. Просторова ДН незручна для зображення. Тому на практиці користуються площинними ДН. Вони являють собою перетину просторової ДН, виконані двома взаємно перпендикулярними площинами, що проходять через напрямок головного максимуму.

Для антен з лінійною поляризацією ДН будують в електричній – площину) і магнітної (Н - площину) площинах. Ці площини, звані головними, проходить через напрямок максимального випромінювання і вектори В або І відповідно.

Рисунок 1.1 – Діаграма направленості антени

Форма головної пелюстки може бути різною. (рис. 1.2) Тороїдальна ДН характеризується відсутністю направленості випромінювання в одній з головних площин і застосовується в радіомовленні, зв'язку, навігації.

Голчаста – головна пелюстка однаковий в площинах. Застосовується в РЛС для супроводу мети по двом кутових координатах.

Віялова ДН – головна пелюста в одній площині значно ширше, ніж в інший. Застосовується в РЛС для визначення однієї кутової координати і дальності до мети [3].

Косекансная ДН – форма головної пелюстки по полю в одній з площин змінюється за законом оозес 0. Застосовується в РЛС для визначення кутової координати і дальності до мети.

Ширина головного пелюстка (ширина ДН) є важливим чисельним параметром, що характеризує ступінь направленості антени. Ширина ДН відраховується на деякому рівні потужності Р щодо максимуму головної пелюстки. Позначається ця ширина - 2Ѳр.

Найбільш часто вибирають рівні р * 0,5 і р * 0.1 Іноді ширина ДН вимірюється по іншому рівню, наприклад,р = 0,1.

Величину $2Ѳ_{0.5}$ називають шириною ДН "по половинній потужності" $2Ѳ_0$ - шириною ДН "по нулях".

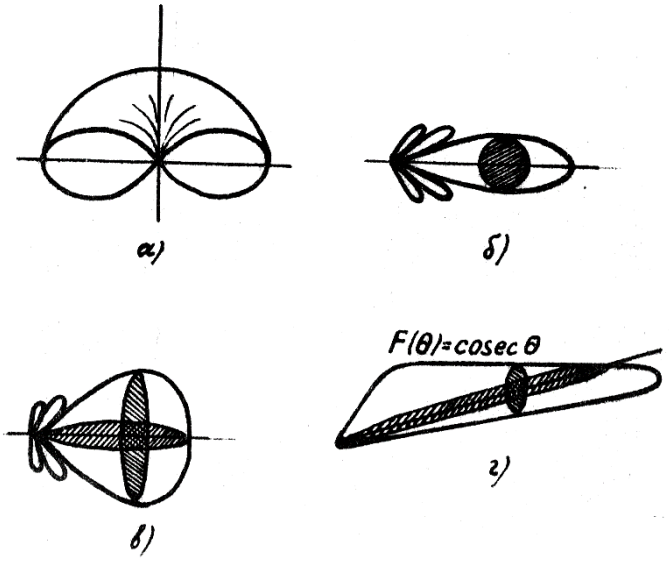


Рисунок 1.2 – Форми головних пелюсток: а – тороідальна ДН; б – ігольчата ДН; в – віялова ДН; г – косекансна ДН

Шириною ДН за рівнем половинної потужності ($2\Theta_{0.5}$) називається кут між напрямками, в яких щільність потоку потужності дорівнює половині щільності потоку потужності в напрямку максимального випромінювання (рис. 1.3).

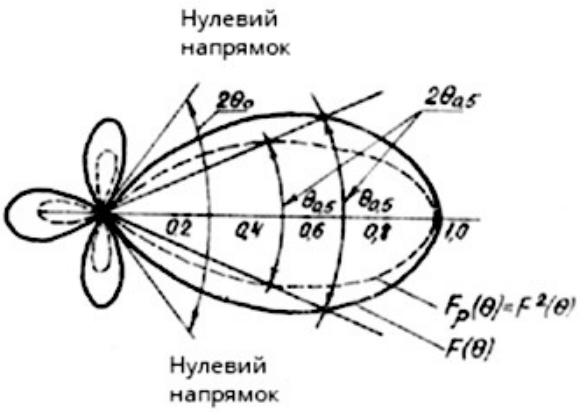


Рисунок 1.3 – Форма потоку потужності в напрямку максимального випромінювання

З виразу видно, що рівню половинної потужності для ДН але полю буде відповідати рівень.

Таким чином, кут вимірюють по рівню $2\theta_{0,5}$ вимріють по рівню $0{,}707E_{макс}$ (якщо це ДН по полю, рис.1.4), або за рівнем $0{,}5П_{макс}$ (якщо це ДН за потужністю).

$$F(\theta_{0,5},\varphi_{0,5})=\sqrt{F_p(\theta_{0,5},\varphi_{0,5})}=\sqrt{0{,}5}=0{,}707. \qquad (1.7)$$

Бічні пелюстки характеризуються кількістю, напрямками їх максимумів і рівнем по відношенню до головного пелюстка.

Рівень бічних пелюсток визначають як відношення максимумів бічних пелюсток до головного максимуму і висловлюють цю величину у відсотках або децибелах. Зазвичай вказують рівень першого бічного пелюстка (найближчого до головного), що має, як правило, найбільшу величину.

Для РЛС наявність бічних пелюсток в ДН вкрай небажано.

Їх рівень повинен бути якомога менше, так як вони можуть привести до помилкового пеленгові поділи, зниження помехозащищенности, зменшення скритності роботи РЛС, погіршення електромагнітної сумісності РЛС, збільшення марною втрати енергії в бічних напрямках. Тому однією з важливих завдань при конструюванні антен є отримання головної пелюстки заданої форми при мінімальному рівні бічних пелюсток.

Діаграми направленості в Е і Н - площинах будують в полярній або прямокутної системах координат (рис. 1.4).

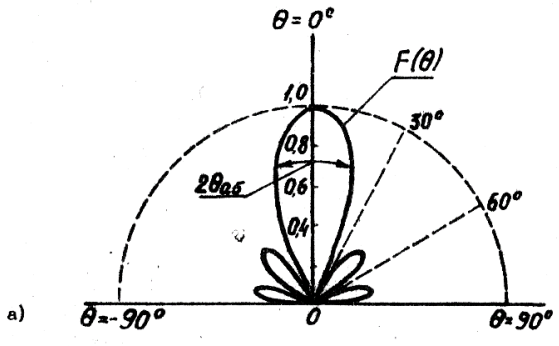
В полярній системі координат зображення ДН виходить болзө наочним. У прямокутній системі координат наочність втрачається, але зате зручно будувати вузькі ДН, так як масштаб по осі абсцис можна вибрати будь-якої величини і "розтягнути" ДН. Це дозволяє детально зобразити бічні пелюстки (їх форму, рівень і число) [4].

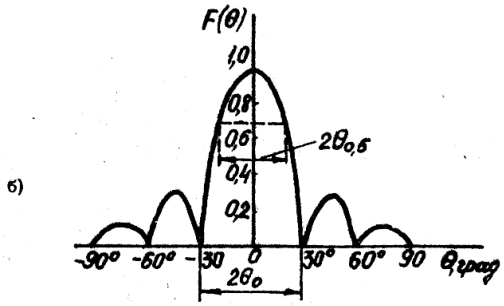
Для цієї мети використовують логарифмічний масштаб. Зображення ДН в логарифмічному масштабі виробляють як в полярній так і в прямокутної системах координат. По осі ординат відкладають значення в децибелах.

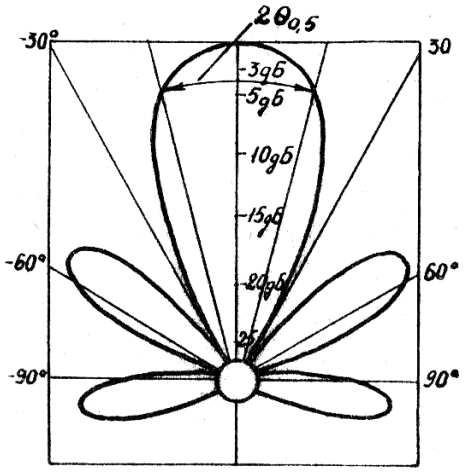
Значення всюди буде негативним, за винятком головного максимуму, де воно дорівнює нулю, врівень половинній потужності в логарифмічному масштабі відповідає - 3 дБ.

$$F_{дБ}(\theta,\varphi)=10\,lg\,F_p(\theta,\varphi)=20\,lgF(\theta,\varphi). \qquad (1.8)$$

Логарифмічний масштаб зручний при зображенні дуже малим рівнем бічних пелюсток. Зазвичай дзеркальні антени класифікують за формою дзеркала. Найбільшого поширення набули такі типи дзеркальних антен.







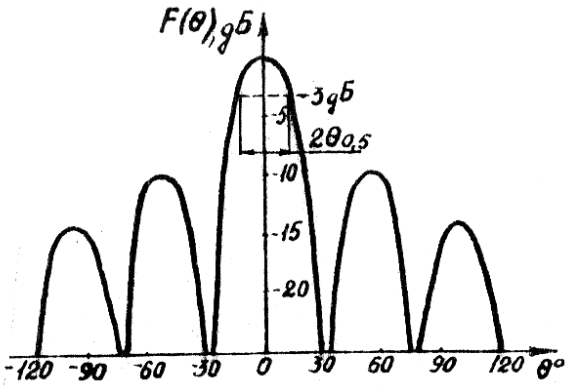


Рисунок 1.4 – Діаграма направленості у плоскостях: а – в полярній плоскості; б – в прямокутній площині; в – в логарифмічному масштабі прямокутній площині; г – в логарифмічному масштабі полярна площина

1.2 Основні типи дзеркальних антен

Дзеркальні антени є найбільш поширеним типом гостронаправлених антен УКХ діапазону (рис. 1.5). Такі антени складаються з двох частин. одержувача (і точника електрошгнітяих хвиль) і металевого дзеркала (рефлектора).

Як опромінювача використовують, як правило, будь-яку слабонаправленних антену, що випромінює електромагнітну енергію в бік дзеркала. Дзеркало відображає електромагнітну енергію і формує вузьку ДН.

Таким чином, в дзеркальних антенах здійснюється перетворення широкої ДН опромінювача в вузьку ДН антени.

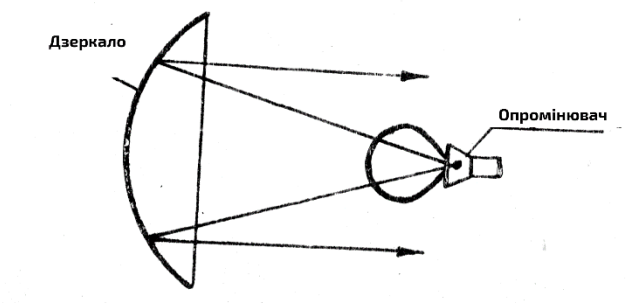


Рисунок 1.5 – Дзеркальна антена

За своїм радіотехнічним параметрам дзеркальні антени є кращими антенами діапазону надвисоких частот (НВЧ). Тому в РЛС різного діапазону, як правило, використовують дзеркальні антени високої направленості [5].

1.2.1 Параболічні антени

Параболічні дзеркала перетворять сферичну або циліндричну хвилю опромінювача в плоску (рис. 1.6). У першому випадку маємо точковий випромінювач, який створює сферичну хвилю, а дзеркало у вигляді параболоїда обертання. У другому випадку - лінійний опромінювач створює циліндричну хвилю, а дзеркало у вигляді параболічного циліндра.

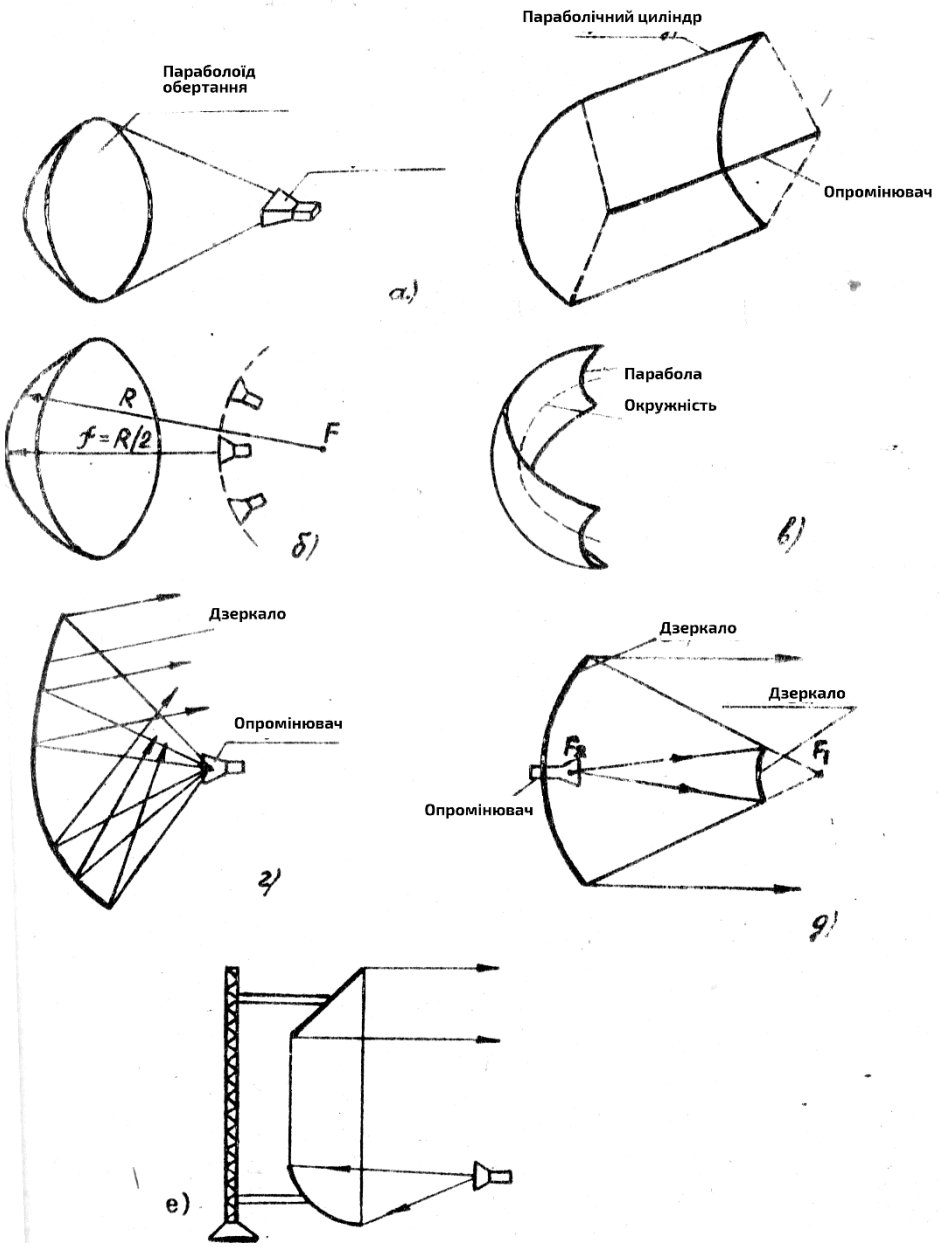


Рисунок 1.6 – Параболічні антени

Сферичне дзеркало на невеликій ділянці його поверхні мало відрізняється від параболічного з фокусною відстанню, рівним половині радіуса сфери. Тому опромінювач встановлюють на відстані. Таке дзеркало формує промінь, який можна качати в широких межах без спотворення форми ДН. При цьому опромінювач необхідно переміщати по дузі кола з радіусом.

Дзеркала спеціальної форми. Дзеркало вигинається по спеціальному профілю, що дозволяє створити ДН спеціальної форми, наприклад, "косекансной" діаграми направленості.

Многодзеркальні антени. Найбільшого поширення набули дводзеркальні антени, рідше – трьохдзеркальні

Плоске дзеркало застосовують в радіорелейних лініях для зміни напрямку поширення радіохвиль (перископічних антена). Крім того, його можуть застосовувати в якості рефлектора в вібраторних антенах.

Як правило, дзеркало виконує з металевих листів хорошою провідності або плівок (фольги), що наносяться на діелектричну основу. Для зменшення ваги і вітрових навантажень дзеркало роблять з сітки або перфорованих листів. При цьому частина енергії буде просочуватися крізь дзеркало, збільшуючи рівень бічних пелюсток і зменшуючи КДД [6].

Тому в дзеркалах з сітки розміри осередків повинні бути менше 0,1 Л, а діаметр отворів перфорованої дзеркала повинен бути менше 0,2 Л при сумарній площі отворів 0,5 - 0,6 площі всієї антени. Зупинимося детальніше на першому типі дзеркальних антен. Параболічні антени набули найширшого розповсюдження в РЛС виявлення і наведення.

Основними типами таких антен є: параболоїд обертання повного профілю (рис. 1.7).

Утворюється обертанням параболи навколо фокальної осі, параболічний циліндр. Утворюється рухом параболи вздовж прямої лінії, паралельно усічений параболоїд обертання овально (еліптично) усічений параболоїд обертання.

Зазвичай маємо точковий випромінювач, який створює сферичну хвилю, а дзеркало у вигляді параболоїда обертання.

У данному випадку - лінійний опромінювач створює циліндричну хвилю, а дзеркало у вигляді параболічного циліндра.

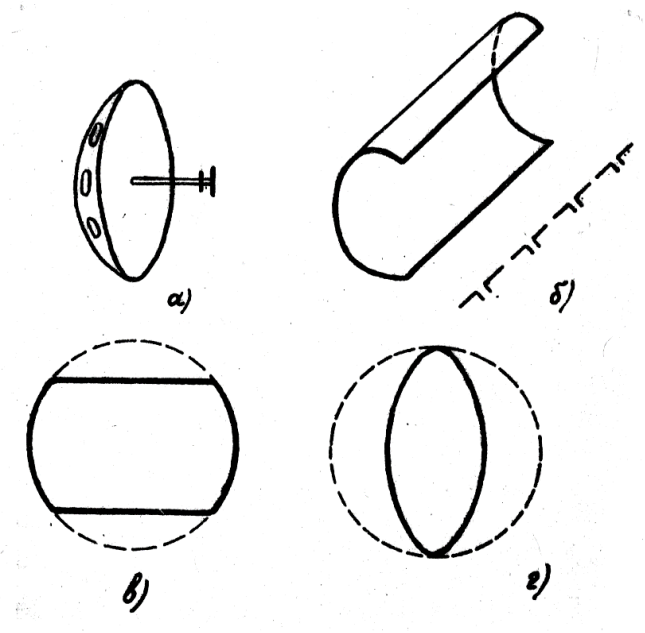


Рисунок 1.7 – Параболічні антени: а – параболоїд обертання повного профілю; б – параболічний циліндр; в – паралельно усічений параболоїд обертання; г – овально усічений параболоїд обертання

1.2.2 Сферичні антени

Сферичне дзеркало на невеликій ділянці його поверхні мало відрізняється від параболічного з фокусною відстанню, рівним половині радіуса сфери. Тому опромінювач встановлюють на відстані у =. Таке дзеркало формує промінь, який можна качати в широких межах без спотворення форми ДН. При цьому опромінювач необхідно переміщати по дузі кола з радіусом [7].

Дзеркало подвійної кривизн. В одній площині дзеркало ішеет, наприклад, форму кола, а в іншій – параболи. Такі антени використовуються для формування ДН спеціальної форми.

Дзеркала спеціальної форми. Дзеркало вигинається по спеціальному профілю, що дозволяє створити ДН спеціальної форми, наприклад, "косекансной" діаграми направленості.

Многозеркальние антени. Найбільшого поширення набули дводзеркальні антени, рідше – трьохдзеркальні.

Плоскі антени. Плоске дзеркало застосовують в радіорелейних лініях для зміни напрямку поширення радіохвиль (перископічних антена). Крім того, його можуть застосовувати в якості рефлектора в вібраторних антенах.

Як правило, дзеркало виконує з металевих листів хорошою провідності або плівок (фольги), що наносяться на діелектричну основу. Для зменшення ваги і вітрових навантажень дзеркало роблять з сітки або перфорованих листів. При цьому частина енергії буде просочуватися крізь дзеркало, збільшуючи рівень бічних пелюсток і зменшуючи КДД. Тому в дзеркалах з сітки розміри осередків повинні бути менше 0,1 Л, а діаметр отворів перфорованої дзеркала повинен бути менше 0,2 Л при сумарній площі отворів 0,5 - 0,6 площі всієї антени.

Зупинимося детальніше на першому типі дзеркальних антен. Параболічні антени набули найширшого розповсюдження в РЛС виявлення і наведення.

Основними типами таких антен є: параболоїд обертання повного профілю.

Утворюється обертанням параболи навколо фокальної осі; параболічний цилінд. Методи розрахунку поля випромінювання дзеркальних антен

Суворого рішення задачі ой випромінюванні дзеркальних антен в даний час ще не знайдено. Тому використовують наближені методи. В інженерній практиці застосовують два наближених методу розрахунку поля

випромінювання дзеркальних антен: метод поверхневих струмів (по струмів на дзеркалі) і апертурний метод (по полю в розкриві дзеркала). В обох цих методах задачу про знаходження поля випромінювання антени вирішують в два етапи.

На першому етапі проводять рішення внутрішньої задачі, тобто визначають закон розподілу струмів на дзеркалі при першому методі, або поля в розкриві антени при другому методі.

На другому етапі проводять рішення зовнішньої завдання, тобто визначають поле випромінювання антени в далекій зоні ЛІБС по знайденим струмів на дзеркалі, або по полю в розкриві.

Рішення внутрішньої завдання для обох методів проводиться при наступних припущеннях: вважається, що будь-яка точка внутрішньої поверхні дзеркала знаходиться в далекій зоні випромінювача. Розміри дзеркала і радіус крівізни в будь-якій точці його поверхні значно більше довжини хвилі. Завдяки цьому можна застосовувати закони геометричної оптики, справедливі для плоскої поверхні. Струми на "неосвітленій" стороні дзеркала мають дорівнювати нулюне враховується вплив дзеркала на характеристики опромінювача, а також розсіювання енергії на облучателе, елементах кріплення опромінювача.

Метод поверхневих струмів полягає в наступному: амплітуду і на-напрямок струмів, порушуваних облучателем на "освітленій" поверхні дзеркала, знаходять за відомими формулами електродинаміки і техніки НВЧ. Знаючи параметри дзеркала, шляхом інтегрування по поверхні дзеркала визначають результуючий поле в далекій зонёё

Такий метод розрахунку є найбільш точним, але він дуже складний.

Апертурний метод. Його ще називають методом поля в розкриві дзеркала. Суть методу полягає в тому, що спочатку за законами геометричної оптики обчислюється поле на плоскій поверхні розкриву дзеркала. Вважається, що це попі в розкриві є первинним полем, яке є

джерелом випромінювання. Потім шляхом – інтегрування по поверхні розкриву знаходять поле в дальній зоні.

Амплітудний метод розрахунку більш простий в математичному відношенні, тому він знайшов широке поширення в інженерній практиці.

Слід зауважити, що метод поверхневих струмів і апертурний метод дають приблизно однаковий результат в області головного і анітрохи найближчих до нього бічних пелюсток. Зважаючи на складність методу поверхневих струмів в подальшому ми його розглядати не будемо.

Параболоїд обертання повного профілю

Основні геометричні параметри. Параболоїд обертання повного профілю утворюється обертанням параболи з фокусом в точці Р навколо фокальної осі. Основними параметрами параболоїда обертання є: точка $П_{po}$ – вершина параболоїда, точка Р - фокус дзеркала рухом параболи вздовж прямої лінії;паралельно усічений параболоїд обертання; овально (еліптично) усічений параболоїд обертання.

1.2.3 Багатодзеркальні антени

Дзеркальні антени є найбільш поширеними типами гостронаправлених антен НВЧ. Ці антени мають радом безперечних достоїнств, завдяки яким вони набули такого широкого поширення.

Однак розвиток радіолокації, радіоастрономії і космічного зв'язку поставило перед антеною технікою радий нових завдань, вирішення яких за допомогою однозеркальная антен виявилося неможливим або неоптимальним. Однозеркальная антени мають мало ступенів свободи: їх можливості обмежуються зміною форми дзеркала і зміною в невеликих межах діаграми направленості первинного опромінювача.

При роботі однозеркальная антени з малошумливим підсилювачем істотним недоліком є те, що опромінювач повинен розташовуватися в фокусі дзеркала, і довгий фідерний траку, що йде від опромінювача до приймача, є

джерелом значного щтла, який може суттєво. знизити ефект, що дається малошумливим підсилювачем [8]. Більш зручними з цієї точки зору є, наприклад, дводзеркальні антени, що дозволяють створити компактну конструкцію зі зменшеною довжиною фідера, що йде до опромінювача

У зв'язку про ці в останні роки переходять від однозері кальках антен до многозеркальним, які мають більше ступенів свободи і мають більші можливості. Це дозволяє успішно вирішувати радий завдань, які вирішуються за допомогою однозеркальная антен.

В даний час найбільшого поширення отримують дводзеркальні і рідше трьохдзеркальні антени. Тому розглянемо більш докладно дводзеркальні антени і коротко ознайомимося з трехзеркальнимі антенними системами.

Класифікація двохдзеркальних антен. Дводзеркальні антени на рис. 1.8 складаються з великого (основного) дзеркала I, малого (допоміжного дзеркала 2 і опромінювача 3, вміщеного у фокусі.

У простій двухзеркальной антени велике дзеркало виконано у вигляді параболоїда обертання або параболічного циліндра.

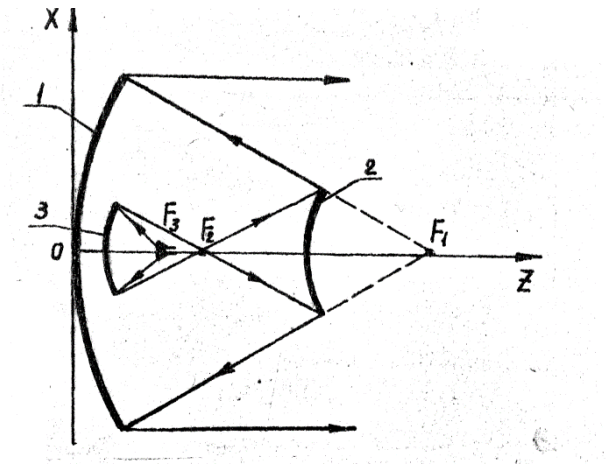


Рисунок 1.8 – Схема найпростішої двухзеркальной антени

Мале дзеркало має форму або гіперболоїда обертання, або елліпеоіода обертання, або плоского диска. Воно розташовується так, щоб один з його

фокусів збігався з фокусом великого дзеркала, в іншій його фокус поміщається опромінювач [9].

Принцип роботи такої антени полягає в наступному. Сферична хвиля, створювана облучателем, падає на мале дзеркало. Мале дзеркало перетворює пучок променів, що виходять з точки в пучок променів, що сходяться в точці. Таким чином, велике дзеркало опромінюється променями, наче виходять з фіктивного опромінювача, розташованого в фокусі великого дзеркала. Велике дзеркало формує необхідну ДН антени.

Вибираючи фокус в вершині 0 основного дзеркала, можна звести до мінімуму довжину фідера, що йде до опромінювача від приймача і істотно знизити шумову температуру антени.

У двухзеркальной антени з'являються великі можливості для створення необхідного розподілу поля в розкриві основного дзеркала за рахунок зміни профілю допоміжного (малого) дзеркала, а також ряд інших перевага яких буде говоритися нижче. Залежно від взаємного розташування основного і допоміжного дзеркала розрізняють продфокальние і зафональние системи.

Передфокальні системи (рис. 1.9). Мале дзеркало розташоване перед фокусом основного дзеркала. Така система ще називається системою Касегрена. В цьому випадку профіль малого дзеркала – гіпербола.

Принцип роботи системи Кассегрена заснований на використанні властивості гіперболічного дзеркала: якщо в одному з фокусів гиперболоида обертання помістити точкове джерело, то відбиті від гіперболоїда промені утворюють розходиться пучок з центром у другому фокусі.

Окремий випадок передфокальні системи показаний на рис. 1.9 в якій мале дзеркало – площину.

Зафокальной системи (рис. 1.9). Мале дзеркало розташоване за фокусом основного дзеркала. Така система називається також системою Грегорі. В цьому випадку профілем малого дзеркала є еліпс. Промені, що виходять з одного фокуса еліпса, збираються в іншому його фокусі.

Терміни – системи Кассегрена і Грегорі взяті з астрономічної оптики, де вже давно використовуються аналогічні телескопічні системи.

У антеною практиці найбільшого поширення набули системи Кассегрена, причому, як правило, з опуклим гіперболічним малим дзеркалом.

Основні параметри двухзеркальной антени визначаються по заданим електричним характеристикам системи.

Діаметр великого дзеркала $Д_1$ визначається, виходячи з заданої ширини ДН антени.

Фокусна відстань Р вибирається зазвичай порядку (0,35-0,5) $Д_1$. величини £ і вибираються з конструктивних міркувань.

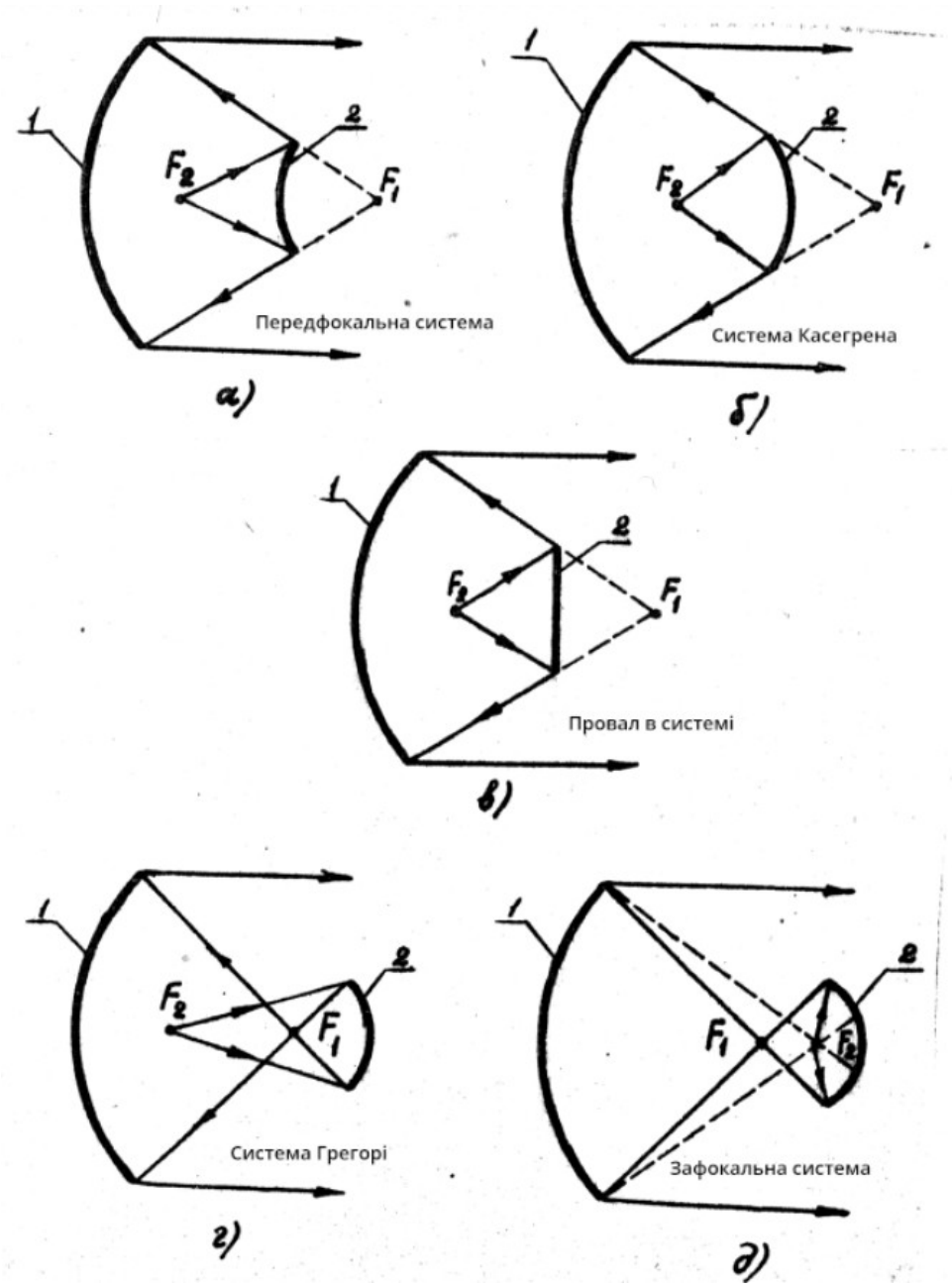


Рисунок 1.9 – Передфокальні системи і зафокальн і системи

Якщо задані значення} P; і%, то діаметр малого дзеркала видно з формули 1.9.

У простій двухзеркальной антени мале дзеркало екранує полі великого дзеркала. Екранує, малого дзеркала може значно зменшити значення КВП розкриваючи великого дзеркала.

$$d_2 = \frac{16F * Д_1 (F - f) tg\varphi_0}{8F Д_1 + (16F^2 - Д_1^2) tg\varphi_0} ¿. \quad (1.9)$$

Тому такі системи не оптимальні з точки зору КВП. Для обліку цього впливу можна вважати, що мале дзеркало на екраніруемого частини розкриву створює поле, протилежне

В результаті дії малого дзеркала (екрану) в амплитудном розподілі розкриття антени утворюється провал (рис. 1.10) що викличе в свою чергу зміна діаграми направленості.

Результуюча ДН всієї системи виходить шляхом додавання початкової діаграми іісх про ДН екрану.

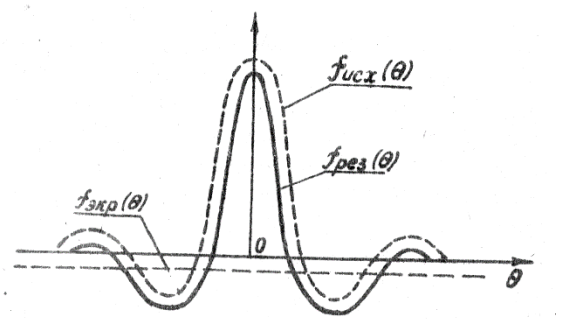


Рисунок 1.10 – Результуюча ДН всієї системи

Так як розміри екрану малі, то ДН, значно ширше ДН розкриття. Тому функцію можна вважати постійної в межах головного і найближчих до нього бічних пелюсток ДН розкриття. Віднімаючи постійну величину Ума (9) з вихідної ДН, отримаємо результуючу ДН.

З малюнка видно, що у результуючої ДН (О) головний пелюсток і парні бічні пелюстки менше, ніж у вихідної ДН, а непарні бічні пелюстки більше. Тобто КНД такої антени стає менше, а рівень бічних пелюсток більше. Так, наприклад, для круглого розкриваючи з рівномірним амплітудним розподілом при -р- = 0,25 рівень першого бічного пелюстка

зростає по потужності майже в два рази, КНД зменшується приблизно на зниження КНД можна оцінити формулою.

Але сильно зменшувати діаметр малого дзеркала теж не можна, так як в цьому випадку треба робити вузької ДН опромінювача, для цього в свою чергу треба збільшувати геометричні розміри опромінювача. Збільшення розмірів призводить до збільшення затінення розкриву облучателем, яке може стати більшим, ніж затінення малим дзеркалом. Оптимальним виходить варіант, коли затінення від малого дзеркала і опромінювача рівні [10].

Енергія, відбита від великого дзеркала, частково потрапляє знову на мале дзеркало і переизлучается. Це призводить до реакції дзеркала на опромінювач і збільшує бічні пелюстки. Переизлучение можна виключити, якщо зробити мале дзеркало з загостренням.

При цьому треба кілька змінювати і форму великого дзеркала. З малюнка видно, що промінь, що падає поблизу вершини малого дзеркала, після відбиття від великого дзеркала проходить повз малого. Це також виключає реакцію дзеркала на первинний опромінювач.

У системах з лінійною поляризацією хвилі екранує, малого дзеркала можна усунути, якщо здійснити поворот площини поляризації на великому дзеркалі.

Сутність цього методу полягає в наступному. Мале дзеркало являє собою грати з проводів або пластин. Причому, мале дзеркало може мати розміри, співмірні з розмірами великого дзеркала. Таке пластинчатое дзеркало пропускає хвилю однієї поляризації і відображає хвилю взаємно перпендикулярній поляризації. Хвиля, що йде від опромінювача, поляризована паралельно проводам (пластин) решітки малого дзеркала. Тому вона відбивається малим дзеркалом в сторону великого дзеркала. Велике дзеркало виробляє поворот площини поляризації на 90°, і відбита від нього хвиля практично вільно проходить через мале дзеркало.

У такій антені є тільки затінення облучателем. Тому доцільно використовувати невеликий опромінювач при малому дзеркалі великих розмірів.

Поворот площини поляризації на 90 ° великим дзеркалом виробляють за допомогою дротяної решітки, розташованої на відстані $\frac{\lambda}{4}$від поверхні основного дзеркала.

Провід цієї решітки орієнтовані під кутом 45 ° занапрямом проводів в малому дзеркалі.

Вектор електричного поля падаючої хвилі $E_{пад}$на решітку великого дзеркала, можна розкласти на дві складові – паралельну ($E_{11\ пад}$) і перпендикулярну($E_{\ пад}$)проводам решітки.

Складова $E_{11\ пад}$ відбивається від грат величезного дзеркала. Складова $E_{т\ пад}$ проникає крізь ґрати,проходить шлях , $\frac{\lambda}{4}$ відбивається від великого дзеркала і повертається назад до решетки. Загальний набіг фази відбитого вектора $E_{т\ отр}$ на цьому шляху з урахуванням зміни фази при відбитті від більшого зеркала дорівнює 2π. Тому вектор $E_{т\ отр}$ у решітці малоги зеркали буде коллінеарін вектор $E_{т\ под.}$ За цей час проходе півперіода, тому фаза вектору $E_{11\ пад}$ зміниться на π.

Переваги та можливості двухзеркальной антени. Розглянемо більш докладно на основних перевагах і можливостях двохдзеркальних антен їх переваги в порівнянні з однозеркальная антенами [11].

двухзеркальной антени мають менші поздовжні розміри в порівнянні з однозеркальная. Це особливо важливо дав великих антенних систем, що знаходяться під обтекателями. Особливо сильно поздовжні розміри зменшуються в системах з поворотом площини поляризації, так як в них мале дзеркало можна наблизити до великого, не побоюючись збільшення розмірів малого дзеркала.

Розташування опромінювача біля вершини великого дзеркала істотно зменшує довжини фідера зменшення довжини фідера дозволяє зменшити його шуми і підвищити відношення сигнал / шум, що особливо важливо для антен космічного зв'язку і радіотелескопів.

Розташування опромінювача поблизу вершини великого дзеркала призводить також до того, що частина енергії опромінювача, що не перехоплена малим дзеркалом, йде в передню, мало півсферу (рис. 1.11).

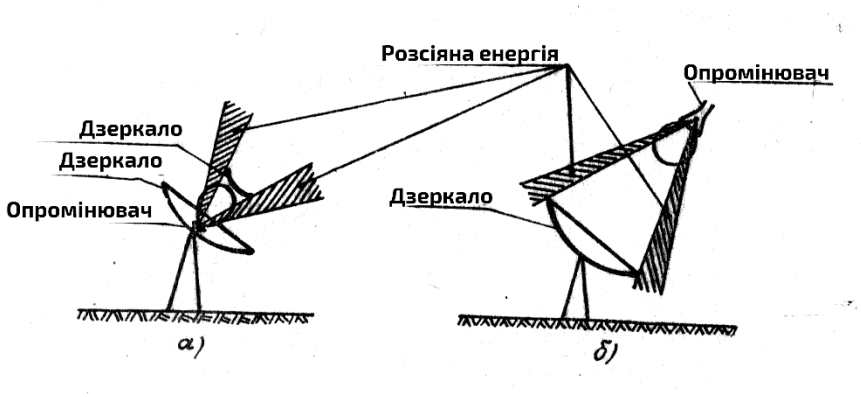


Рисунок 1.11 – Схема розсіювання енергії

Багатозеркальні антени це енергія потрапляє в сильно шумить задню півсферу. Тому в двухзеркальной антені можна отримати помітно меншу шумову температуру, ніж в однозеркальная антені.

У двохдзеркальних антенах сканування променя модно здійснювати хитанням малого дзеркала. Це зручніше, ніж качати опромінювач, так як не потрібно мати високочастотну обертається зчленування. Величина відхилення променя при цьому може бути близько трьох значень ширини ДН без помітних її спотворень.

Переміщенням малого дзеркала вздовж осі системи можна незначно змінювати закон амплітудного розподілу в розкриві антени і змінювати ширину діаграми в певних межах.

1.2.4 Двухдзеркальні антени

Двухзеркальной антени розширюють можливості методу сканування променя шляхом зміщення опромінювача.

У однозеркальная антенах зміщення опромінювача з фокальній осі обмежується через що виникають кубічний фазових спотворень, що впливають на діаграму направленості. Це обмежує межі сканування в однозеркальная антенах.

У двохдзеркальних антенах можна розрахувати поверхні дзеркал так, щоб компенсувати ці фазові спотворення.

Такі системи, звані апланатіческімі, дозволяють шляхом зміщення опромінювача здійснювати неспотворене хитання ДН в широких межах.

Наявність двох дзеркал полегшує вирішення завдання синтезу заданої ДН, дозволяє створити не тільки необхідну фазовий розподіл, а й необхідну амплітудне розподіл [12].

У двохдзеркальних антенах можна істотно збільшити КВП розкриття. Можна, можливо отримати КВП = 0,7÷0,8 замість

О, 4÷0,5 для однозеркальная антен.

У однозеркальная антени є жорсткий зв'язок між кількістю енергії, що розсіюється облучателем за краї дзеркала і характером амплітудного розподілу в розкриві. КВП максимальний тоді, коли на краях дзеркала 0,1 максимальної потужності опромінювача. Втрати енергії знижують КВП.,

У двохдзеркальних антенах такої жорсткої зв'язку немає. Можна отримати амплітудне розподіл, близьке до рівномірного, при невеликих втратах енергії за краї малого дзеркала. Це підвищує КВП. Підвищенню КВП сприяють і заходи, що вживаються для зменшення екранування.

У двохдзеркальних антенах можна задаватися довільною формою розкриття великого дзеркала, не побоюючись втрати енергії при його опроміненні. При цьому форма малого дзеркала ускладнюється.

Наприклад, велике дзеркало з ромбічним розкривом дозволяє знизити рівень бічних пелюсток в головних площинах, що проходять через діагоналі ромба, майже на порядок в порівнянні з дзеркалом круглого розкриваючи.

Наявність двох дзеркал і двох фокусів дозволяють створити багатофункціональні системи, дає можливість об'єднати дві роздільні антени в одній конструкції. Приклади таких комбінованих антен будуть розглянуті нижче.

Двухзеркальная антена зі сферичним великим дзеркалом. Така антена використовується для качання ДН в широ ких межах без її спотворення.

Недоліком однозеркальная сферичної антени є погане використання поверхні сферичного дзеркала, так як тільки невелику ділянку сфери мало відрізняється від поверхні параболоїда обертання.

У двухзеркальной антени ця ділянка можна зробити значно більше. Мале дзеркало розраховують так, щоб компенсувати фазові помилки, що з'являються через відмінності сфери від параболоїда обертання.

При цьому мале дзеркало гойдається разом з облучателем.

Іноді в радіотелескопах велике дзеркало для зменшення. деформації монтується в земляний чаші. Така система створена наприклад, в Аресібо (Пуерто-Ріко). Діаметр великого зеркала $Д_1$- 300 м, довжина хвилі $\lambda = 70$ см.

Зменшення довжини хвилі до 3 см дозволило створити ДН, ширина якої приблизно у вісім разів менше, ніж в першому випадку [13].

Комбіновані системи. Такі системи є, як правило, різні види комбінацій двухзеркальной і однозеркальная антени.

Комбінація двухзеркальной і однозеркальная антени, в якій додатковий відображач і його опромінювач розташовані в тіні малого дзеркала.

Комбінація двухзеркальной і однозеркальная антен однакових розмірів показана на рисунку двухзеркальной антени використовується горизонтальна поляризація. У однозеркальная – вертикальна поляризація, для якої мала дзеркало прозоро.

Видно, що ефект екранування усунутий за рахунок повороту площини поляризації на основному дзеркалі I. Мале дзеркало і дзеркало однозеркальної антени2радіопрозорий для даного виду поляризації (наприклад, вертикальної).

Рисунок ілюструє роботу комбінованої системи на різних частотах. На частоті працює двухзеркальная антена з поворотом площини поляризації на основному дзеркалі. Екранування малим дзеркалом відсутня. На частоті працює однозеркальная антена

1.2.5 Трьохдзеркальні антени

Трьохдзеркальні антени мають ще більші можливості, ніж дводзеркальні. Конструкція найпростішої трехзеркальной антени показана на малюнку.

Енергія опромінювача випромінюється на допоміжне дзеркало. Це дзеркало перетворює пучок променів, що виходять з точки, в пучок променів, що сходяться в точці - фокусі малого дзеркала 2.

Таким чином, дзеркало 3 є облучателем малого дзеркала 2. Мале дзеркало перетворює ці промені в пучок, що сходиться в точці F_1 - фокусі великого дзеркала I.

Перехід до трехзеркальним антен пояснюється наступними причинами.

У ряді випадків при шогоцелевом використанні антени в різних діапазонах хвиль бажано, щоб велике дзеркало було параболічних. При цьому заданий АФР в його розкриваючи може бути забезпечено за допомогою двох спеціально розрахованих дзеркал.

При розмірах великого дзеркала в кілька деоятков метрів і малого дзеркала в 2-3 метра необхідно робити опромінювач остронаправленнш (це збільшує довжину фідера). Тому для отримання конструкції прийнятних розмірів доцільно у вершини великого дзеркала встановити третій, допоміжне дзеркало, яке є облучателем для другого, малого дзеркала.

На практиці існує багато інших варіантів многозеркальних антен.

Розглянуті вище прикладу переконливо показують, що перехід до многозеркальним системам істотно розширити можливості дзеркальних

антен, що дозволяють успішно вирішить, ряд складних проблем, що стоять перед радіолокації, космічної зв'язком і радіоастрономії.

1.3 Принцип побудови зони спостереження метеорологічних радіолокаційних станцій

Завданням радіолокаційного спостереження є виявлення об'єктів, вимірювання їх координат і визначення деяких параметрів, інформація про яких міститься в радіолокаційному сигналі. Труднощі вирішення цього завдання обумовлені перешкодами, зокрема шумами приймача. При заданих умовах спостереження існує порогове, мінімально допустиме відношення енергії корисного сигналу (Е) до енергії перешкоди (Еп), при якому виявлення відбувається із заданою вірогідністю і припустимою можливістю помилки, а параметри сигналу вимірюються з необхідною точністю.

Кількість енергії корисного сигналу, необхідний для радіолокаційного спостереження, можна або отримати за допомогою енергетичних параметрів радіолокаційного каналу (таких, як потужність передавача, чутливість приймача, направленість антени), або накопичити за час Т радіолокаційного спостереження (огляду) одного дозволеного елемента в зоні дії РЛС .

Оглянути всі елементи зони огляду можна послідовно і паралельно. При послідовному огляді одне і те ж пристрій аналізує радіолокаційний сигнал в кожному дозволяє елемент, проходячи їх у певній послідовності, один за іншим. Така одно канальна система максимально проста за своїм устроєм, але вимагає багато часу для спостереження у всій зоні огляду. При цьому марно втрачається енергія сигналів цілей, які в даний момент знаходяться в недосяжних елементах.

При паралельному огляді застосовують багатоканальне пристрій, кожен канал якого обробляє сигнали одного дозволеного елемента. Канали працюють практично одночасно, тому для огляду всієї зони витрачається приблизно такий же час, як і для огляду одного дозволеного елемента. Однак

необхідне число каналів може виявитися настільки великим, що реалізація подібних систем буде скрутна.

Як відомо, в імпульсної РЛС огляд по дальності можна здійснювати за допомогою електронно-променевого індикатора з амплітудною відміткою, подібного звичайному осцилографа. Імпульси тривалістю ти створюють позначки, розміри яких за швидкості поширення з відповідають відстані ΔR = ти с / 2 (рис. 1.12, а), що визначає раз вирішальну здатність РЛС по дальності. Таку систему радіолокаційного спостереження можна вважати паралельної. Число каналів дорівнює числу відміток цілей, які оператор може одночасно спостерігати на лінії розгортки [14].

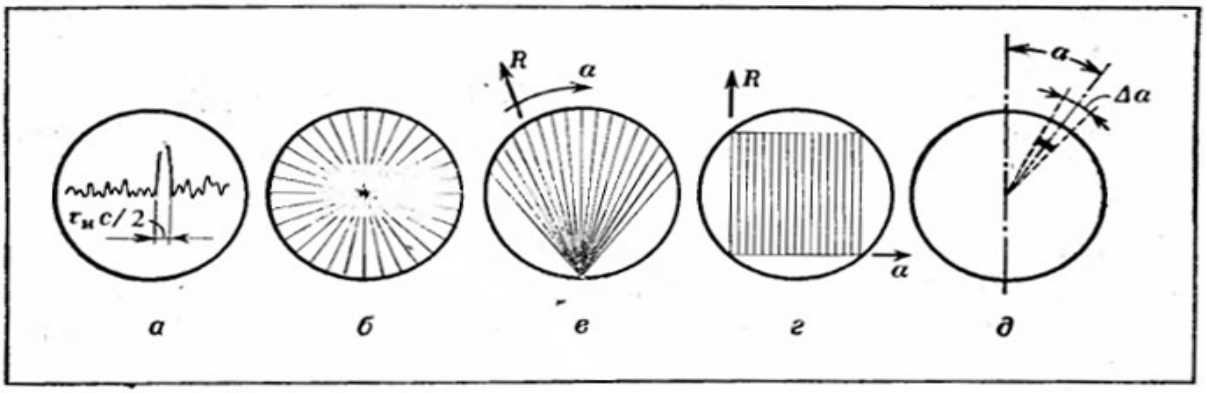


Рисунок 1.12 – Розгорнення на екрані індикатора: лінійна з амплітудною відміткою (а); радіально-кругова (б); секторна (в); прямокутна (г); розташування позначки мети (д)

Для автоматичного спостереження сигнал з виходу приймача – підключають до системи обробки тільки протягом короткого інтервалу часу, порядку тривалості імпульсу. Послідовний огляд полягає в тому, що положення цього тимчасового інтервалу міняють, аналізуючи імпульси, що приходять з різними затримками. У паралельній системі потрібно мати безліч таких пристроїв, кожне з яких розраховане на певну фіксовану дальність [15].

Огляд по кутових координатах, як і огляд по дальності, також буває послідовним або паралельним. Послідовний огляд здійснюється шляхом

сканування – закономірного зміни положення променямгостро направленої антени в межах зони огляду. У двовимірних РЛС, в яких однією вимірюваної координатою є дальність, застосовують два способи огляду: кругової і бічний (рис. 1.13). При круговому огляді антена з променем, вузьким в горизонтальній площині, безперервно обертається або здійснює гойдання навколо вертикальної осі. В якості кінцевого пристрою часто застосовують індикатор кругового огляду з якісної оцінкою. Радіальна лінія розгортки на екрані малюються синхронно і син-фазною з поворотом антени. Сукупність ліній розгортки утворює растр у формі кола, (рис. 1.12, б) або сектора (рис. 1.12, в). При гойданні променям крім секторної застосовують також прямокутну розгортку, при якій дальність і напрямок на ціль відтворюються в прямокутній системі координат (рис. 1.12, г).

Сигнали точкової мети, що потрапила в межі антенного променя, створюють позначку, кутовий розмір якої Δα без урахування світлової плями дорівнює ширині променя θ (рис. 1.12, д). Таким чином, розміри елемента зони огляду рівні Δα = θ але кутку і ΔR = ти c / 2 по дальності.

Для максимальної дальності спостереження Rmax час одного зондування максимально віддаленої ланцюга становить 2Rmax / c; вважаючи, що для її спостереження необхідно накопичувати енергію за n періодів посилок. Тоді для огляду одного кутового елемента потрібно час n 2Rmax / c, а для всього сектора A мінімально необхідний час огляду складе т0 = 2Rmax An / cθ. Всі точки зони огляду, незалежно від їх видалення, опромінюються протягом однакових інтервалів часу.

Кругової, або секторний, огляд застосовують як в стаціонарних, так і рухливих РЛС, якщо швидкість носія порівняно невелика. Бічний огляд використовують тільки в бортових РЛС на швидко переміщаються платформах - літаках, вертольотах, космічних апаратах. Нерухомий антенний промінь орієнтується в бік від напрямку польоту і переміщається поступально за рахунок власного руху РЛС (рис. 1.13, б). Зона огляду має вигляд смуги. Час, необхідний для спостереження максимально віддаленої

мети 2nRmax / c, має дорівнювати часу θRmax / v, протягом якого промінь у своєму поступальному русі зі швидкістю v перетинає мету [16]. Для інших цілей цей час зменшується обернено пропорційно відстані. У двовимірних РЛС (наприклад, при огляді земної поверхні) зазвичай використовують віялоподібний промінь, оскільки різним дальності відповідають різні кути місця. Кінцевими пристроями РЛС бічного огляду зазвичай є спеціальні Фоторегістратори, які фіксують на фотоплівці зображення смуги огляду.

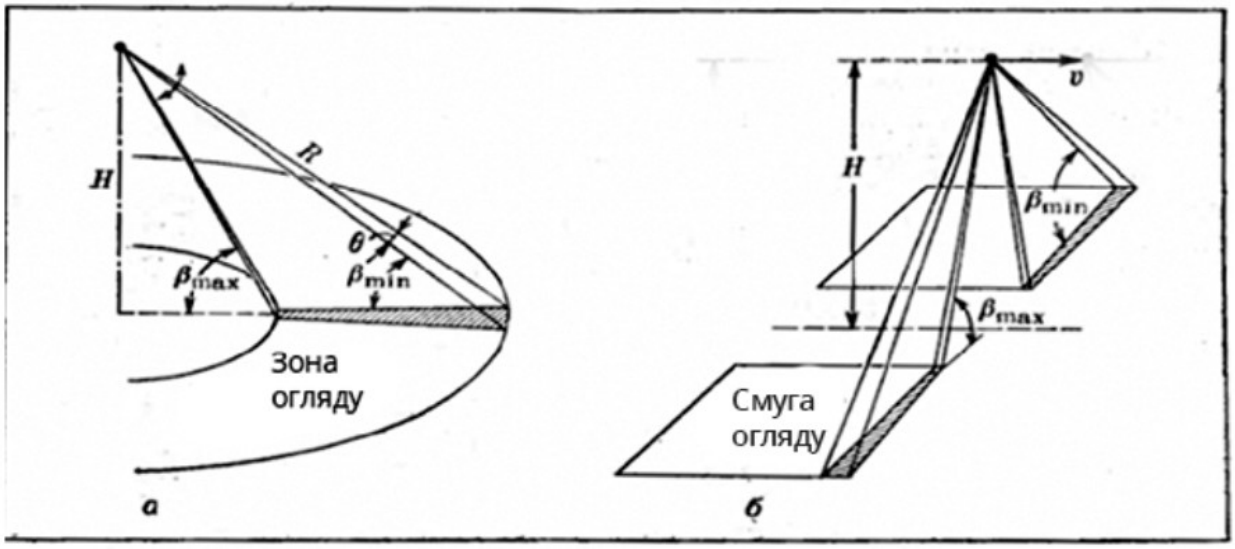


Рисунок 1.13 – Схеми кругового (а) і бічного (б) способівоглядуповерхні

Тривимірний послідовний огляд виробляють скануванням даної зони вузьким, так званим голчастим променем. Щоб оглянути зону без пропусків за можливо менший час, пляма, утворене променем на поверхні сфери радіусом Rmax, необхідно перемістити на його ширину за час 2nRmax / c.

Якщо для простоти вважати, що перетин променям шириною θ має форму квадрата (рис. 1.14, а), то всю сферу можна перекрити непересічними рядками за час т0 = 4πn2Rmax / cθ 2. У обмеженою зоні огляду у вигляді конуса або піраміди сканування неперемикаючими рядками можна вести по спіралі або порядкового, на зразок телевізійного растра (рис. 1.14, б). Порядкове сканування в зоні дії РЛС з кутовими розмірами А і В при

дозволених кутах Δα і Δβ можна виконати за мінімальний час т0 = n (2Rmax / c) (A / Δα) (B / Δβ). Час огляду простору за інших рівних умов більше часу огляду поверхні на 2 ... 3 порядку [17].

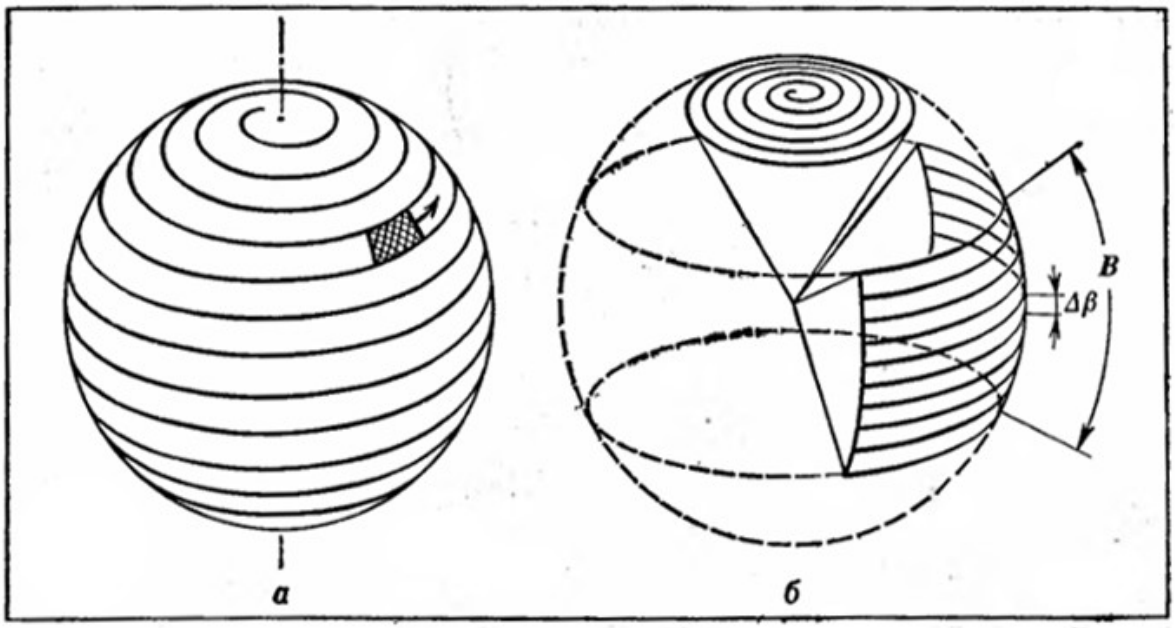


Рисунок 1.14 – Схеми сканування простору у всій сфері (а)
і в обмеженій зоні (б)

Методи просторова сканування голчастім променю застосовують також є для огляду поверхні. Це доцільно в тихий випадка, коли потрібно оглядати поверхню під літальнім апаратом, де дозвіл по дальності практично відсутня. Так, для перегляду смуги вздовж напрямку русі РЛС застосовують порядковий спосіб огляду (рис. 1.15, а). Поперечні рядки утворюються при гойданні антенного променя и зміщуються в результате руху літального апарата. Певного достоїнствами володіє циклоїдальній спосіб огляд, коли промінь обертається по твірною конуса, а в результате поступальний переміщення слід на земної поверхні має вигляд циклоїді.

Паралельний огляд по Кутового координатах здійснюється за допомогою фазований антени решіток (ФАР). Кожний елемент решітки має діаграму направленості, що охоплює всю зону огляду; сукупність елементів в

розкриві ФАР Забезпечує ширину променям відповідно до необхідного Кутового дозволено[18]. Сигнал, прийняті шкірних елементом антени, після попередня Посилення об'єднуються між собою з певних фазових зрушеннями »при яких формується гостра діаграма направленості для заданого напрямку. Подібні зелених сандалів сполука з різною фазіровкой повторюються для всіх дозволеного напрямків, утворюючі багатоканальних систему огляду. Година спостереження в такій системі дорівнює годині огляду по дальності одного елемента тілесного кута. При роботі по відображених сигналам багатоканальних система винна мати окрему Передавальний антену, що охоплює своїм промінням всю зону огляду РЛС.

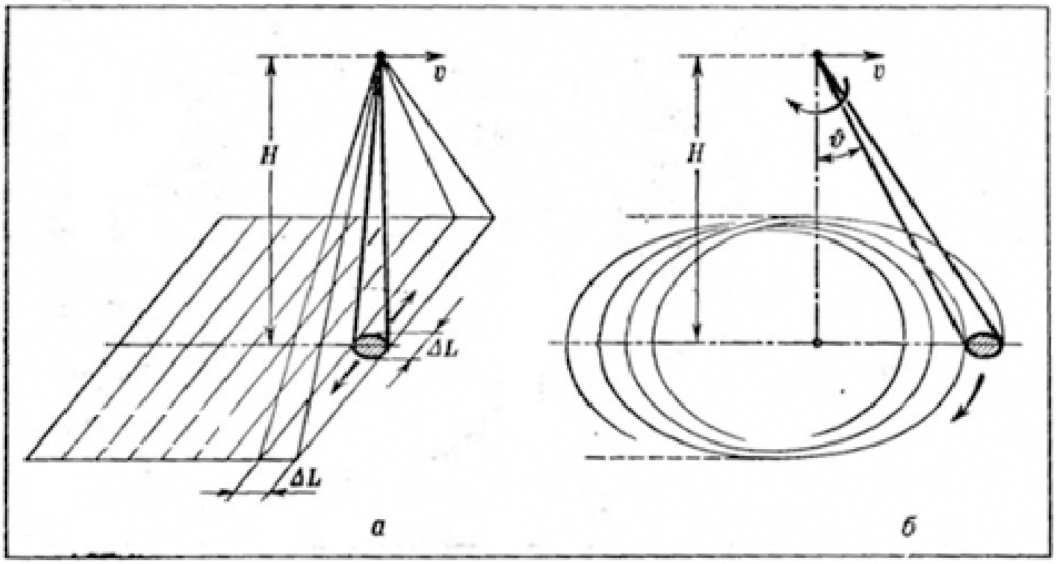


Рисунок 1.15 – Схеми построчного (а) і циклоїдальні (б) способів огляду

Прикладом послідовної и паралельної систем радіолокаційного спостереження можуть такожслужити доплеровские РЛС – вимірювачі швидкості з одним перебудовуванні фільтром і З набором фіксованих фільтрів. РЛС має ЕТАЛОН задає генератор, що забезпечує скроню стабільність частоти випромінюваних коливання f0. Частота прийняття сигналом fпр порівнюється з еталоном, в результате чого вимірюється доплеровский зрушення [18].

$$F_д = f_{пр} – f_0 = 2f_0v_р / c, \quad (1.10)$$

пропорційний відношенню радіальної швидкості мети vр до швидкості поширення радіохвиль с.

Для РЛС, що переміщається з постійною швидкістю v, фіксованийдопплерівський зрушення

$$F_Д = 2f_0 v\cos\Psi / c, \quad (1.11)$$

матиме сигнал будь точкової мети, направлення на яку утворює кут Ψ з вектором швидкості. Геометричне місце таких цілей – поверхня положення – являє собою конус з кутом при вершині Ψ (рис. 1.5). Якщо цілі розташовані на площині, то в результаті перетину цієї площини з конусом утворюється лінія положення у вигляді гіперболи [19].

Тому доплеровская РЛС, встановлена на літальному апаратів, дозволяє визначати місце розташування цілей. Вздовж напрямку руху літального апарата РЛС працює як далекомір.

Для цілей, розташованих в областях, де гілки гіпербол наближаються до асимптотам, система є угломірною (рис. 1.16).

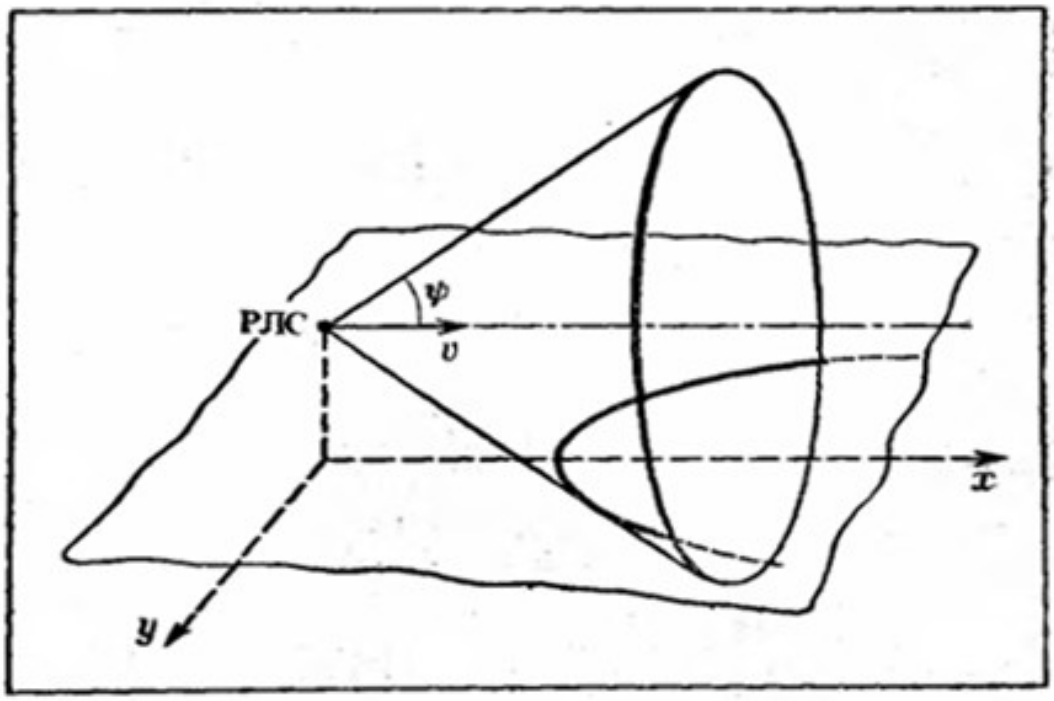


Рисунок 1.16 – Поверхня положення (конус) і лінія положення (гіпербола) цілі для допплерівського вимірювача при фіксованому векторі швидкості

2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ЗОНИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Розробка моделі радіолокаційної станції з використанням параболічної дзеркальної антени

2.1.1 Комплексне рішення для 3D-моделювання Autodesk 3ds Max

3ds MAX – популярний програмний пакет, призначений для редагування 3-мірної графіки і її візуалізації. Утиліта чудово підходить для створення простих і найскладніших структурованих тривимірних об'єктів – тварин, людей, будівель. Програма також дозволяє виконувати глибоке моделювання природного середовища, включаючи освітлення, воду, дерева, вітер. 3ds MAX – справжній лідер серед інструментів, які використовуються в дизайні інтер'єрів і архітектурі.

У додаток інтегрований потужний модуль анімації, що надає величезні можливості щодо управління параметрами анімованого зображення. Створюваний при цьому відеоряд володіє високою реалістичністю. Графічна середа більшості комп'ютерних ігор створена засобами 3ds MAX. Крім цього, даний пакет широко використовується в теле і кіноіндустрії.

Потреба в застосуванні утиліти з'являється тоді, коли необхідно отримати зображення однієї і тієї ж сцени або предмета в різних проекціях. Варто відзначити, що промальовування якоїсь сцени в 2d-редакторі займе менше часу. Однак створивши проект в 3ds MAX, користувач отримує можливість генерувати сцену в необмеженому числі проекцій [20].

Важливий також той факт, що процес накладення тіней і світла в 3ds MAX здійснюється автоматично (головне правильно налаштувати джерела світла), у той час як в 2d-редакторах дана операція покладається на користувачів. Робота в програмі здійснюється в чотири етапи:

– моделювання – створення каркаса, структури об'єктів, що підлягають візуалізації, їх математичних моделей;

– текстурування – формування текстури, основних візуальних характеристик для об'єктів;

– постановка світла – окрема і трудомістке завдання, для вирішення якої 3ds MAX пропонує широкий асортимент різних типів джерела світла і чималі можливості по їх налаштування;

– рендеринг – отримання кінцевого результату – растрового зображення.

Математична модель, створена на попередніх етапах, трансформується в зображення, коли йдеться про анімацію – в набір зображень.

Підтримуються наступні формати файлів: 3ds, max, lwo, jpg, png.

Візуалізація тривимірної сцени в 3ds MAX може здійснюватися різними модулями рендеринга, призначеними безпосередньо для 3d-редакторів. Великою популярністю користується VRay – зовнішній визуализатор, який характеризується більш реалістичними зображеннями і величезним числом налаштувань, порівняно з вбудованим в 3ds MAX візуалізатором Scanline.

2.1.2 Інтегроване середовище розробки MicrosoftVisualStudio

Продукт компанії Microsoft, що включає в себе інтегроване середовище розробки програмного забезпечення і ряд інших інструментальних засобів. Даний продукт дозволяє розробляти як консольні додатки, так і додатки з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-додатки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, підтримуваних Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET Framework, .NET Compact Framework і Microsoft Silverlight.

Visual Studio включає в себе редактор вихідного коду з підтримкою технології IntelliSense і можливістю найпростішого рефакторинга коду. Вбудований відладчик може працювати як відладчик рівня вихідного коду, так і як відладчик машинного рівня. Решта вбудовуються інструменти включають в себе редактор форм для спрощення створення графічного інтерфейсу додатку, веб-редактор, дизайнер класів і дизайнер схеми бази даних. Visual Studio дозволяє створювати і підключати сторонні додатки (плагіни) для розширення функціональності практично на кожному рівні, включаючи додавання підтримки систем контролю версій вихідного коду (як наприклад, Subversion і Visual SourceSafe), додавання нових наборів інструментів (наприклад, для редагування і візуального проектування коду на предметно-орієнтованих мовах програмування або інструментів для інших аспектів циклу розробки програмного забезпечення (наприклад, клієнт Team Explorer для роботи з Team Foundation Server).

Був обраний даний програмний продукт, оскільки це зручна інтегроване середовище розробки для написання програм на мові C ++, що має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і дає можливість легко підключати додаткові бібліотеки до проекту, що розробляється.

2.1.3 Інструмент для розробки додатків Unity

Одна з важливих особливостей Unity його кроссплатформенность – тобто здатність працювати на різних платформах. Платформонезалежна прошарок забезпечує легку портіруемость (тобто перенесення движка) на різні не підтримуються офіційно платформи, зокрема існують порти під android, iPhone та ін.

Редактор Unity має простий Drag & Drop інтерфейс, який легко налаштовувати, що складається з різних вікон, завдяки чому можна виробляти налагодження гри прямо в редакторі. Движок підтримує три сценарних мови: C #, JavaScript (модифікація), Boo (діалект Python). Boo

прибраний в п'ятому версії. Розрахунки фізики виробляє фізичний движок PhysX від NVIDIA.

Проект в Unity ділиться на сцени (рівні) – окремі файли, що містять свої ігрові світи зі своїм набором об'єктів, сценаріїв, і налаштувань. Сцени можуть містити в собі як, власне, об'єкти (моделі), так і порожні ігрові об'єкти – об'єкти, які не мають моделі . Об'єкти, в свою чергу містять набори компонентів, з якими і взаємодіють скрипти. Також у об'єктів є назва (у Unity допускається наявність двох і більше об'єктів з однаковими назвами), може бути тег (мітка) і шар, на якому він повинен відображатися. Так, у будь-якого об'єкта на сцені обов'язково присутній компонент Transform – він зберігає в собі координати місця розташування, повороту і розмірів об'єкта по всіх трьох осях. У об'єктів з видимою геометрією також за умовчанням присутній компонент Mesh Renderer, що робить модель об'єкта видимою [21].

Основні переваги:

- простота у вивченні і використанні;
- сумісність з такими інструментами, як 3D, звукові, графічні та редактори спецефектів;
- великий набір можливостей;
- можливість завантажувати готові 3D моделі;
- безкоштовність і відкритість движка;
- практична застосовність.:
- простота у вивченні і використанні;
- сумісність з такими інструментами, як 3D, звукові, графічні та редактори спецефектів;
- великий набір можливостей;
- можливість завантажувати готові 3D моделі;
- безкоштовність і відкритість движка;
- практична застосовність.

Програми, створені за допомогою Unity, підтримують DirectX і OpenGL. Активно движок використовується як великими розробниками

(Blizzard, EA, QuartSoft, Ubisoft) так і розробниками Indie-ігор (наприклад, ремейк Мор. Утопія (Pathologic), Kerbal Space Program, Slender: The Eight Pages, Slender : The Arrival, Surgeon Simulator 2013, Baeklyse Apps: Save the Bubble і т. п.) в силу наявності безкоштовної версії, зручного інтерфейсу і простоти роботи з движком.

Даний графічний движок був обраний тому, що він ідеально підходить для новачків, простий в освоєнні і має всі необхідні функції для реалізації функціоналу системи. Також важливим є те, що даний графічний движок має відкритий вихідний код, що дозволяє при необхідності вносити зміни або доповнювати існуючі можливості [22].

2.2 Розробка алгоритма побудови зони спостереження метеорологічної радіолокаційної станції з параболічною дзеркальною антеною

Unity3d є сучасним крос-платформних движком для створення ігор і додатків, розроблений Unity Technologies. За допомогою даного движка можна розробляти не тільки додатки для комп'ютерів, але і для мобільних пристроїв (наприклад, на базі Android), ігрових приставок і інших девайсів.

По-перше, варто наголосити на тому, що в середу розробки Unity інтегрований ігровий движок, іншими словами, ви можете протестувати свій додаток не виходячи з редактора. По-друге, Unity підтримує імпорт величезної кількості різних форматів, що дозволяє розробнику додатки конструювати самі моделі в більш зручному додатку, а Unity використовувати за прямим призначенням - розробки продукту. По-третє, написання сценаріїв (скриптів) здійснюється на найбільш популярних мовах програмування - C # і JavaScript.

Таким чином, Unity3d є актуальною платформою, за допомогою якої ви можете створювати свої власні додатки і експортувати їх на різні пристрої, будь то мобільний телефон або приставка [23].

Для того щоб створити свій додаток, вам, як мінімум, потрібно володіти одним з доступних (на Unity) мов програмування: C #, JavaScript або Boo.

У будь-якому випадку знадобиться встановлений 3Ds max на комп'ютер, для імпортірта готових 3D моделей. Бо, в більшості своїй, необхідні моделі мають формат проекту, тобто необхідно буде зарендеріть їх до відповідного для Unity3d формат, наприклад, в * .3DS, і тільки після цього робити імпорт в Unity, в іншому випадку останній видасть помилку.

Коллайдер – це область простору, при взаємодії з якою виконуються ті чи інші скрипти, дії. Розглянемо на прикладі автоматичних дверей, ви підходите до автоматично відкривається дверей універмагу. За пару метрів від дверей, спрацьовує датчик і двері розчиняються перед вами, але якщо ви пройдете за три метри, то нічого не станеться.

Якраз та зона, в якій діє датчик руху, який відповідає за відкривання дверей, і є коллайдер. Ви входите в зону - двері відкриваються, виходьте із зони - і датчик вже ніяк не реагуватиме на вашу присутність [24].

Наприклад імпортували в наш проект локатор і хочемо згенерувати для нього коллайдер. Можна згенерувати автоматично коллайдер для всього локатора, але тоді для кожної деталі локатора - датчиком, промінь, дзеркала, антена - буде згенеровано свій коллайдер.

Оптимальна робота зі сценами. Готове додаток – це набір сцен, з'єднаних між. Перш ніж створити свій проект - подумайте, що він повинен в себе включати (які сцени). Складіть список сцен (на листочку), обміркуйте, що кожна сцена буде в собі містити.

Тепер кожну сцену розбити на подсцени, чим більше їх буде, тим легше буде вашій ЦП.

Звичайно, не варто переборщувати з кількістю сцен. Потрібно грамотно витрачати пам'ять процесора, але і забувати про отримання хорошого зображення додатки теж не варто.

При конструюванні програми важливо пам'ятати про структуруванні даних - важливому аспекті. Мається на увазі, що все має бути на своєму місці. При створенні скриптів создайть папку для скриптів, там і зберігати їх, з великою ймовірністю, буде не один скрипт, розкидати їх по всьому проекту не варто. Знадобиться створити папки з скриптами, звуковими файлами, з GUI текстурами, матеріалами, анімаціями, можливо, префаб і власними моделями (імпортовані з 3Ds Max'а об'єкти краще зберігати саме в останній папці, щоб не розкидати все моделі за проектом в хаотичному порядку).

Коли ви створюєте той чи інший скрипт, пам'ятайте про те, що назва змінних, класів і т.п. повинні говорити все самі за себе. Якщо ви хочете створити скрипт для сканування (підняти антену, активувати промінь), то краще все скрипти одноманітних дій (наприклад, підняття) починати з ключового слова, наприклад: Catch <ім'я предмета>; Use <ім'я предмета>, в такому випадку вам буде легше орієнтуватися в проекті, та й виглядає так набагато естетичне [25].

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ РЛС З ПАРАБОЛІЧНОСТІ ДЗЕРКАЛЬНОЮ АНТЕНОЮ

Розроблена програма система призначена для моделювання радіолокаційної станції і процесу радіолокаційного огляду моделі формування зони спостереження метеорологічні РЛС з параболічності дзеркальною антеною.

3.1 Проектування програмного забезпечення

3.1.1 Загальний опис програми та її вид

Вікновітання, воно ж головне меню. У головному вікні відображений зображення МРЛ-5, а так само 3 кнопки: програма 1, програма 2 та ручний режим (рис 3.1)

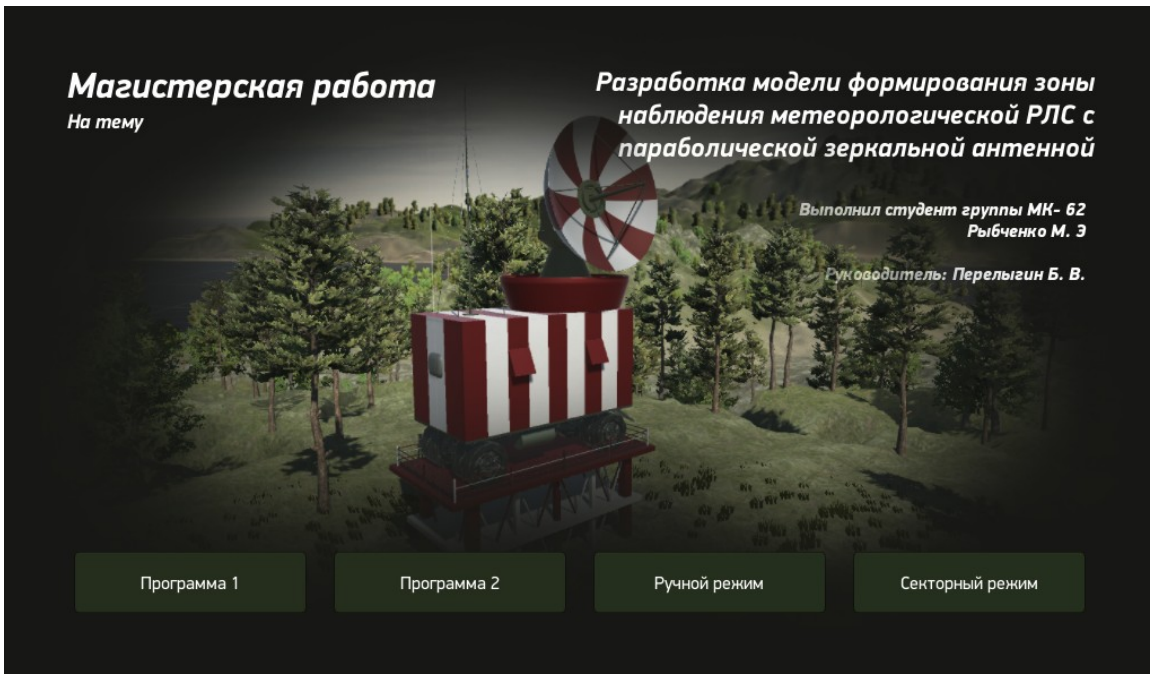


Рисунок 3.1 – Головне вікно програми

Оператор може обрати потрібний на даний момент йому режим, та працювати в ньому. За допомогою простого інтерфейсу особливих проблем з ознайомленням не має бути.

Розроблена система дозволяє задавати основні параметри МРЛ. Є можливість задавати наступні параметри.

Поворот антени по азимуту – кут в градусах, на який буде спочатку повернена МРЛ відносно півночі (0 градусів).

Поворот антени по куту місця – кут в градусах, на який буде спочатку піднята антена МРЛ щодо її горизонтального положення.

Далі оператор може обрати програму 1 в якій відображена робота моделі МРЛ-5

3.1.2 Програма 1

Меню режиму Программа1 відображено (рис. 3.2). Оператор може ввести швидкість в спеціально виділеному полі. Вказати швидкість повертання антени від 0 до 6 повертань в хвилину. Та обрати шаг по куту місткості за допомогою галки можна обрати 0,5, 1,5 та 3,0 градуса.

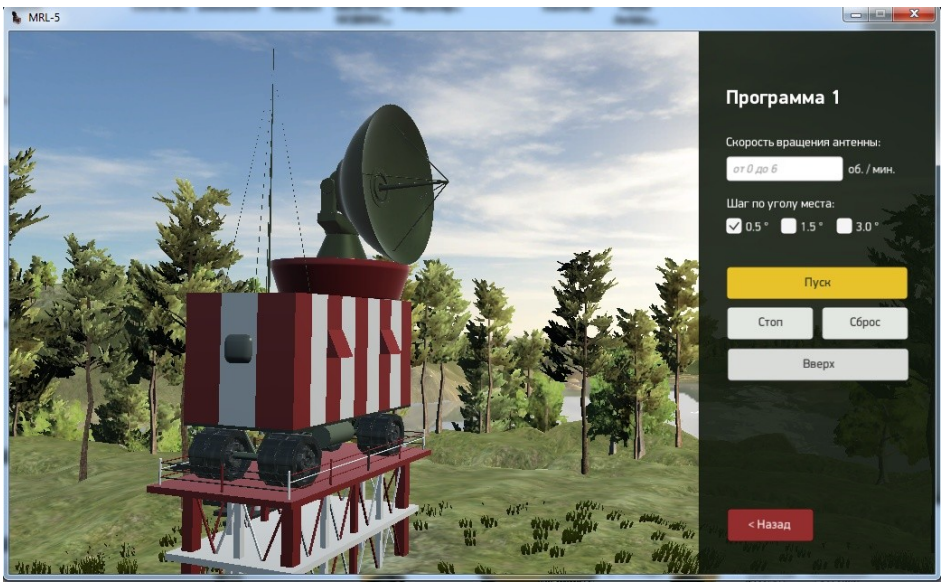


Рисунок 3.2 – Режим роботи "Программа 1"

Після всіх обраних параметрів натиснути кнопку "Пуск", після чого МРЛ-5 почне виконувати роботу під час якої тарілка почне плавний підйом вгору з підняттям вказаного градуса по куту міста.

Процес обертання за введеними даними (рис. 3.3) За даними – 5 повертань на хвилину, під кутом міста 3,0. Поступове повертання здійснюються згідно введених параметрів та відображуйтеся вид згори. Процес обертання можливо зупинити завдяки кнопки "Стоп", та продовжити в будь який момент завдяки кнопці "Пуск". Якщо ж оператору потрібен вид локатора, то можливо натиснути кнопку К локатору, камера зміниться на вид в якому проводиться ввід параметрів, процес обертання не буде змінюватися.

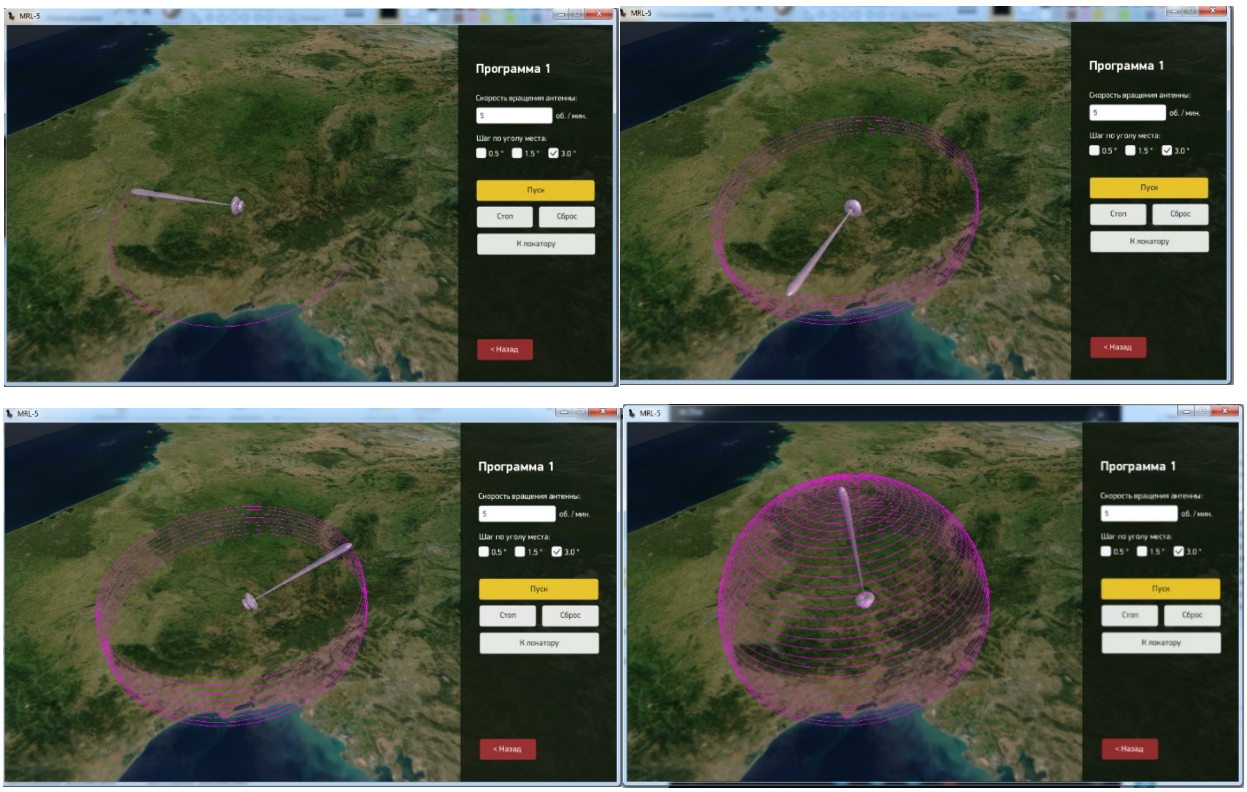


Рисунок 3.3 – Процес обертання за введеними даними

Коли робота буде завершена то локатор перейде в початкову точку (точку старту, з якого локатор почав роботу). Введені параметри оператор може обнулити, ввести нові параметри, та почати роботу.

3.1.3 Програма 2

Поворот антени по азимуту місця - кут в градусах, на який буде спочатку піднята антена МРЛС щодо її горизонтального положення.

Далі оператор може обрати Программа2 в якій відображена робота моделі МРЛ-5

На рис. 3.4 відображено меню режиму другої програми. Оператор може ввести період качання в спеціально виділеному полі.

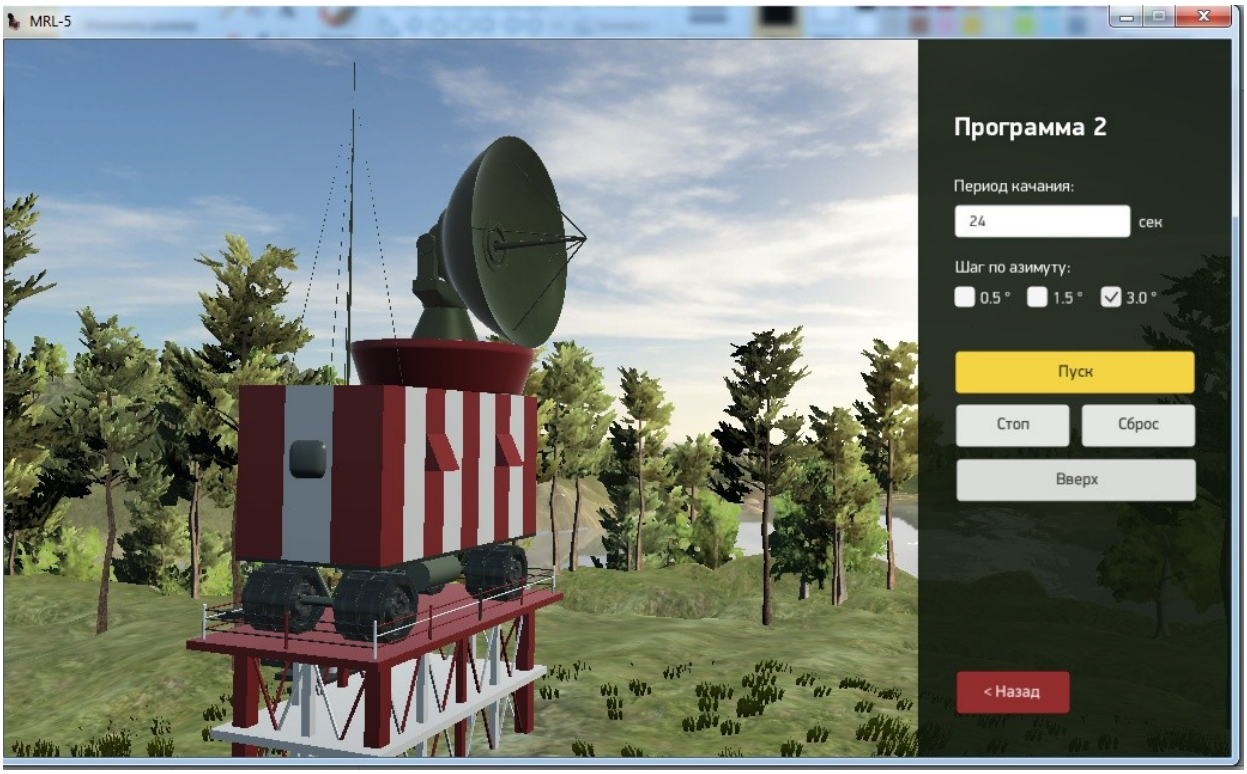
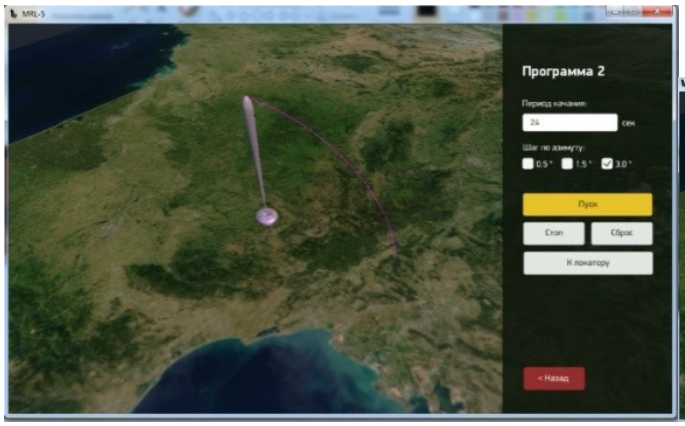
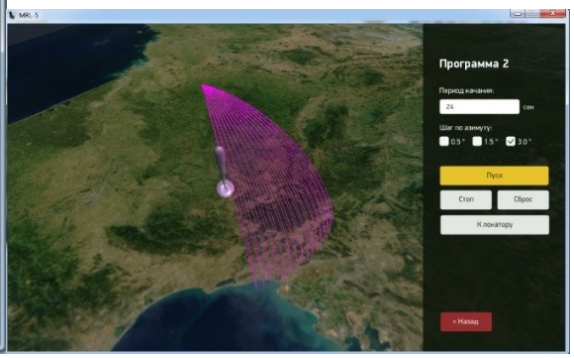


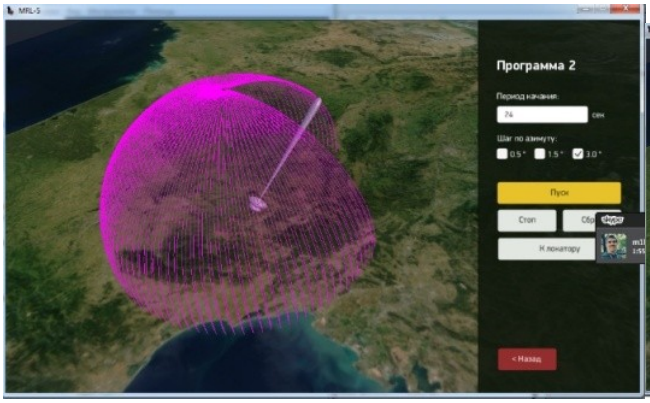
Рисунок 3.4 – Режим роботи "Программа 2"

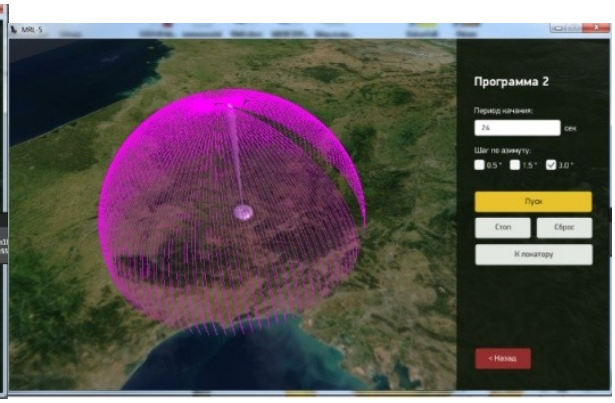
Вказати швидкість підняття антени від 24 до 84 секунд. Та обрати шаг по азимуту допомогою галки можна обрати 0.5, 1.5 та 3.0 градуса. Після всіх обраних параметрів натиснути кнопку "Пуск", після чого МРЛ-5 почне виконувати роботу під час якої тарілка почне плавний підойм вгору зі зміною вказаного градуса по азимуту міста.

На рис. 3.5 відображен процес обертання за введеними даними – 24 секунди період підняття тарілки, під шагом азимуту по місту 3.0.


MRL-5
Программа 2
Период начания:
24
сек
Шаг по азимуту:
0.5°
1.5°
3.0°
Пуск
Стоп
Сброс
К локатору
< Назад


MRL-5
Программа 2
Период начания:
24
сек
Шаг по азимуту:
0.5°
1.5°
3.0°
Пуск
Стоп
Сброс
К локатору
< Назад


MRL-5
Программа 2
Период начания:
24
сек
Шаг по азимуту:
0.5°
1.5°
3.0°
Пуск
Стоп
К локатору
< Назад


MRL-5
Программа 2
Период начания:
24
сек
Шаг по азимуту:
0.5°
1.5°
3.0°
Пуск
Стоп
Сброс
К локатору
< Назад

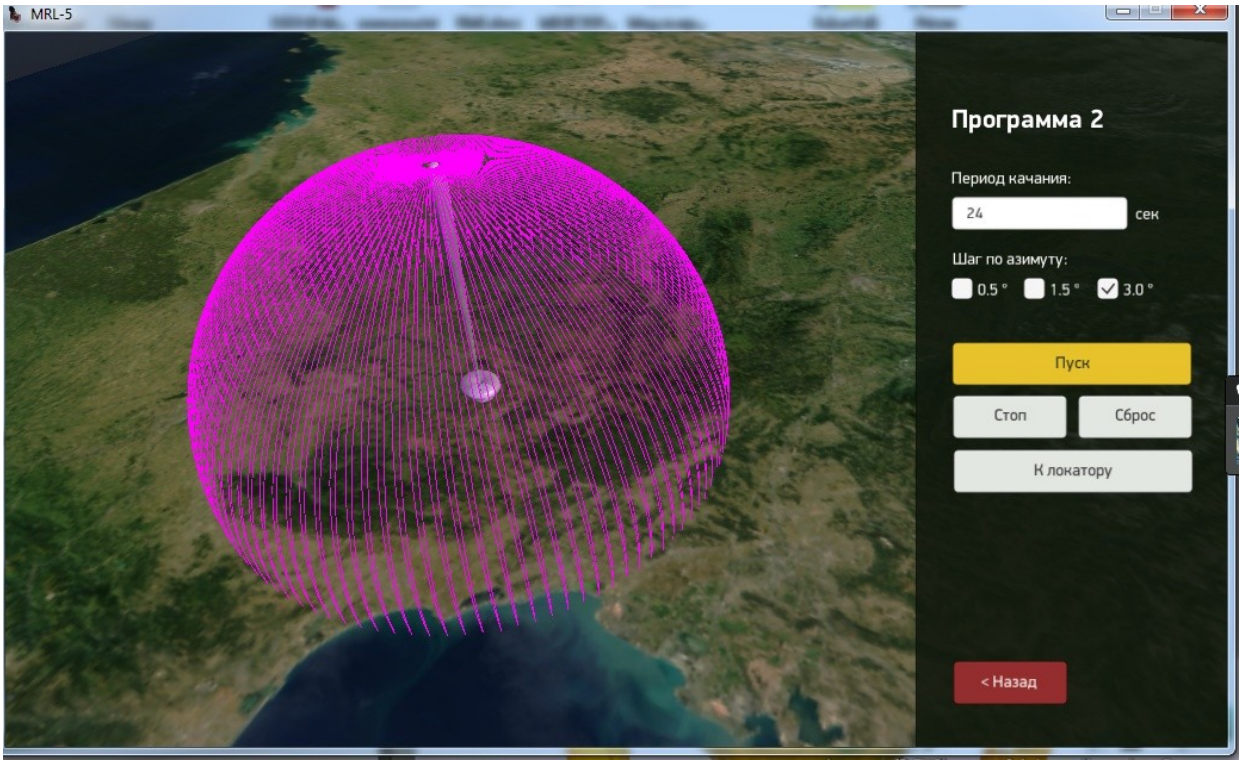


Рисунок 3.5 – Процес роботи другої програми

Поступове повертання здійснюються згідно введених параметрів та відображуйтеся вид згори. Процес обертання можливо зупинити завдяки кнопки "Стоп", та продовжити в будь який момент завдяки кнопці "Пуск". Якщо ж оператору потрібен вид локатора, то можливо натиснути кнопку "К локатору", камера зміниться на вид в якому проводиться ввід параметрів, процес обертання не буде змінюватися.

Коли робота буде завершена то локатор перейде в початкову точку (точку старту, з якого локатор почав роботу). Введені параметри оператор може обнулити, ввести нові параметри, та почати роботу.

3.1.4 Ручний режим

У разі якщо буде обраний ручний режим роботи, у цьому разі глядачеві, оператору буде представлений вид МРЛ-5 (рис. 3.6).

Рисунок 3.6 – Головне вікно "Ручного режима"

Локатор займе положення по введеним даним. Ручний режим представляє собою робочий режим під час якого оператор вводить вказані градуси по азимуту(від 0 до 359) та куту міста (від 0 до 90). Та натиснути кнопку "Установить".

Положення тарілки по азимуту 35.78 та куту міста 75 (рис 3.5). Післячого локатор почне поворот по азимуту і куту місцяпоки не займе введенізначення, потімзупиниться. Після того як наглядно буде відображена робота локатору, оператор має змогу натиснути сброс, та ввести нові данні, або повернутися в головне меню, де може обрати інший режим роботи, або завершити роботу.

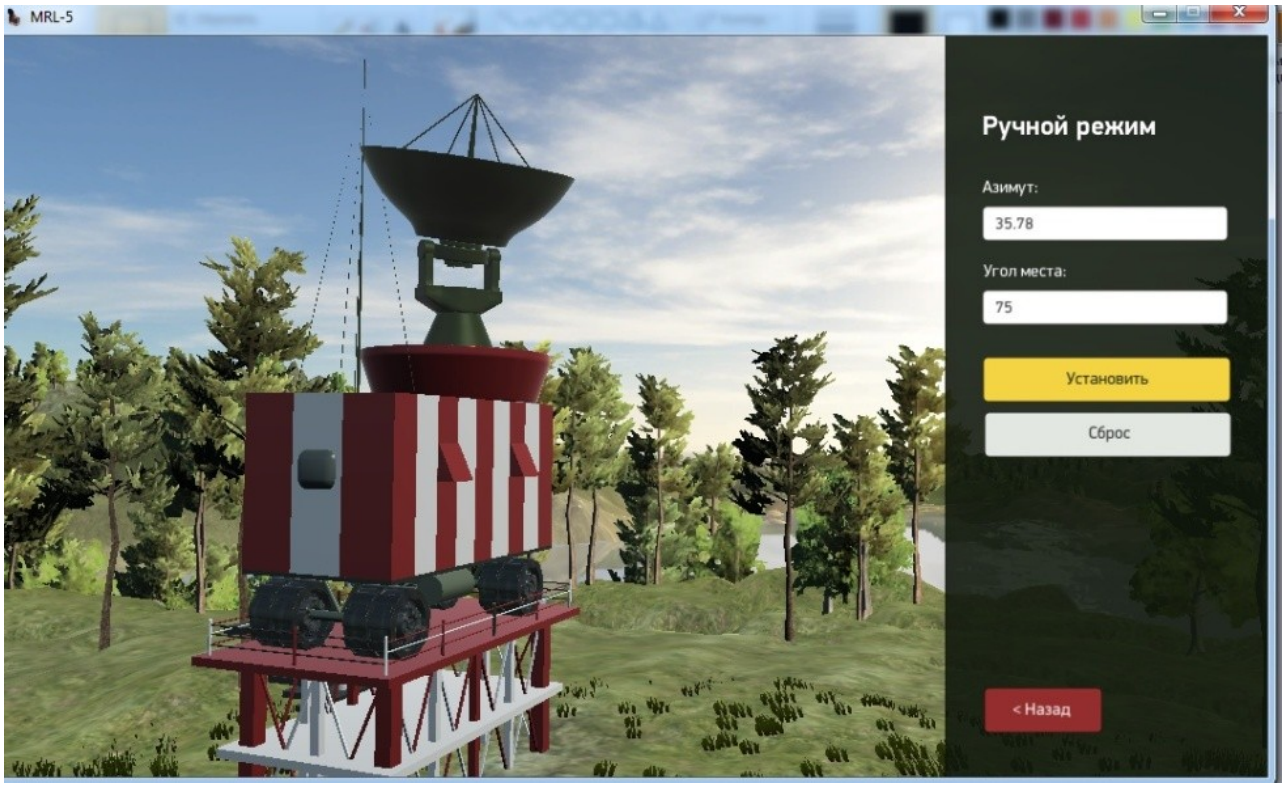


Рисунок 3.7 – Робота ручного режиму

У разі якщо будуть введені букви, або цифри які виходять за рамки дозволеного то буде відображена помилка. (рис. 3.8).

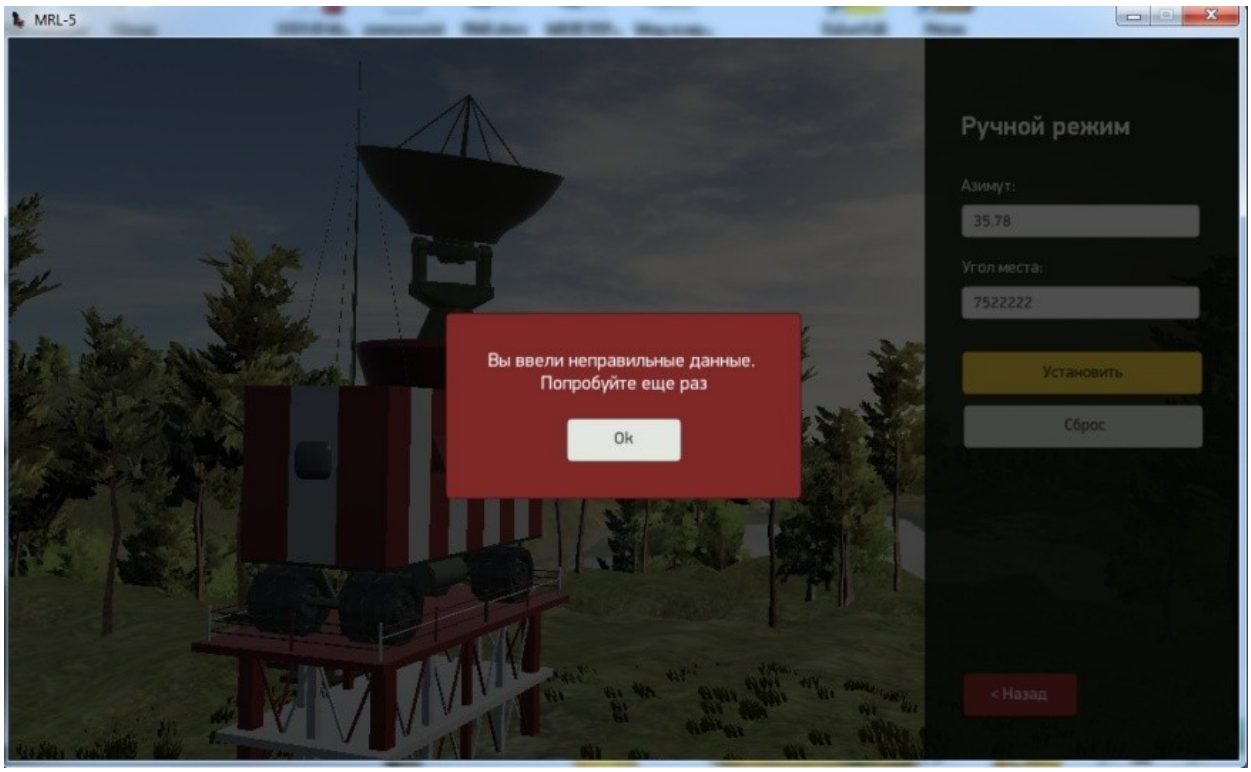


Рисунок 3.8 – Вікно помилки

Варто наголосити, що поля вводу не підтримують ввід букв, та цифр які виходять за кордони дозволених параметрів.

3.1.5 Секторий режим

У разі якщо буде обраний секторний режим роботи, у цьому разі глядачеві, оператору буде представлений вид МРЛ-5 (рис. 3.9).

Цей режим дозволяє робити формування зони спостереженя у заданому сектори за чотирма координатами: азимут от и до, та кут міста от и до. Перед початком роботи потрібно встановити локатор на задані початковій точці, та задыты кінцему точку сканування, при якій работа МРЛ-5 буде виконуватися в обратному напрямку, тоді почткові координати стануть кінцевими.

Під час роботи є можливість переходити від виду зверху до локатору і навпаки.

Рисунок 3.9 – Секторний режим

Початок робота секторного режиму представлен на наступному рис. 3.10. При виставенні параметрів був азимут от 25 до 45 градусів та кут міста от 15 до 25 градусів.

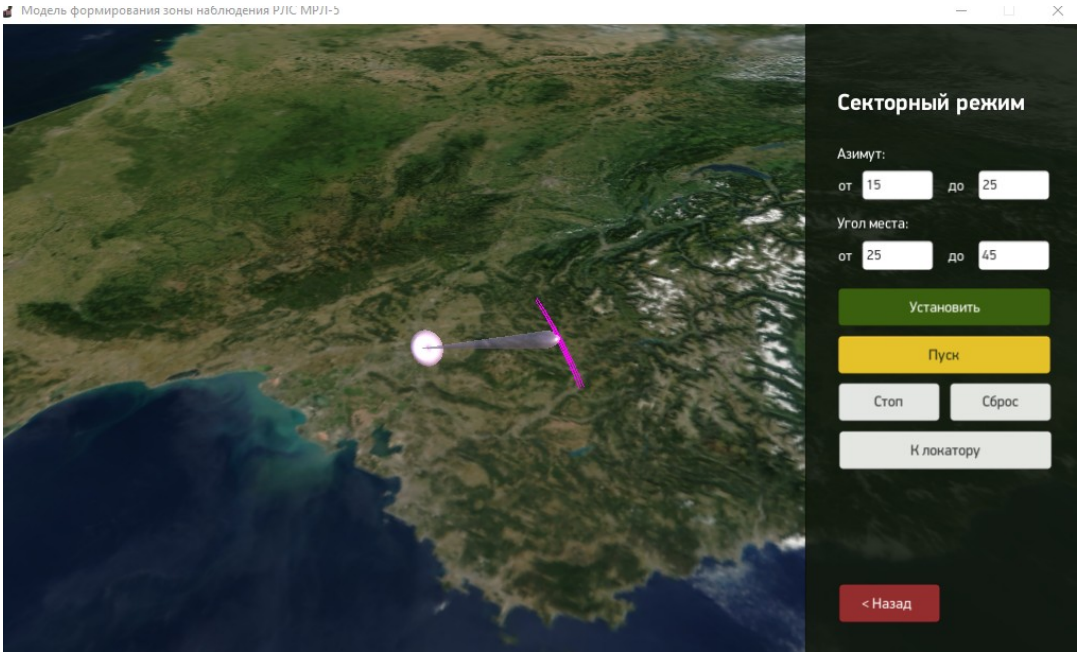
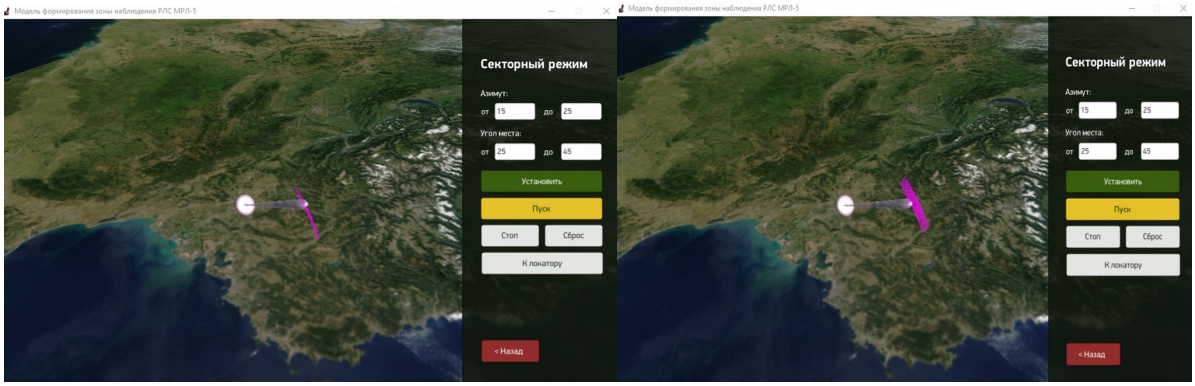


Рисунок 3.10 – Початок роботи секторного режиму

При заданих параметрах робота буду проходити до точки 45 градусів і по азимуту и 25 градусів по куту місця. (рис. 3.11).



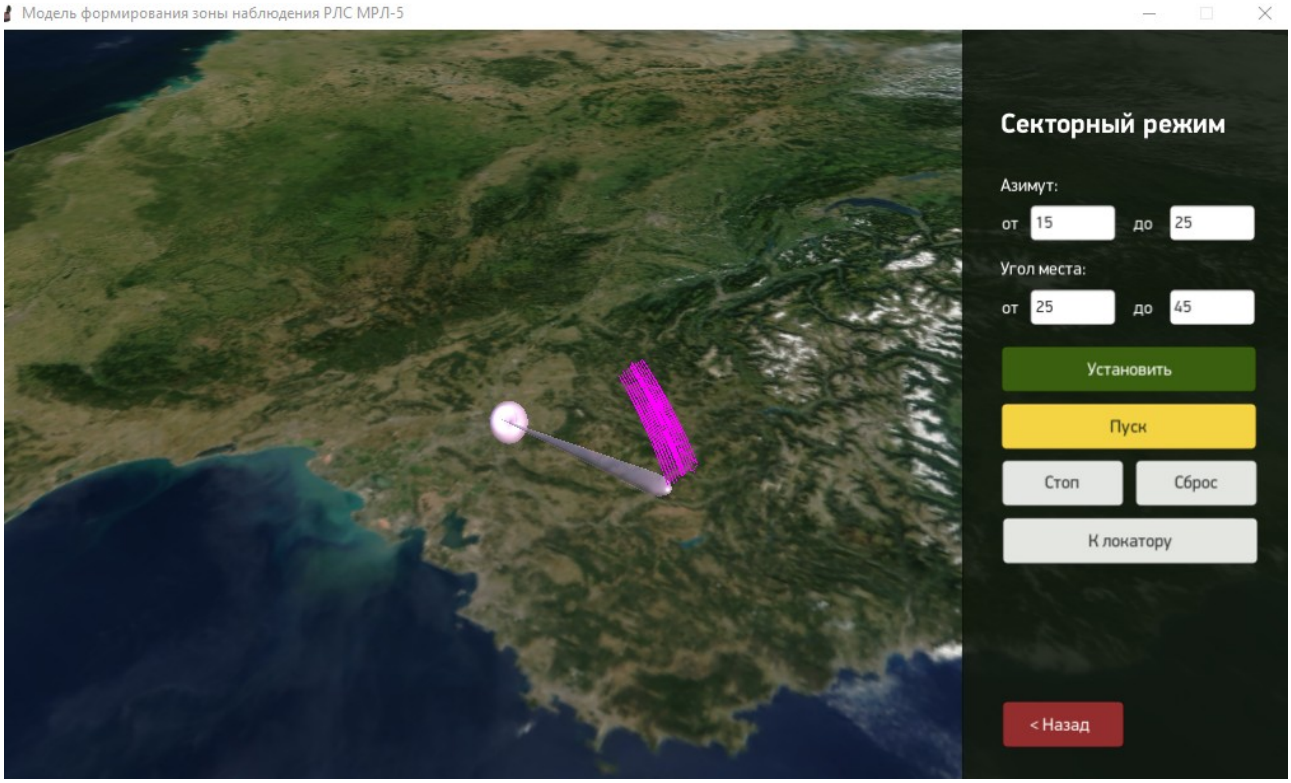


Рисунок 3.11 – Робота секторного режиму

Коли робота буде завершена то локатор почне формуваня зоны в зворотнему напрямку. Введені параметри оператор може обнулити, ввести нові параметри, та почати роботу.

3.2 Проектування тестів

Перший тест продуктивності при використанні різних графічних оболонок допоможе виявити оптимальний варіант настройки використовуваня Unity. Візуалізація підтримує 5 варіантів використовуваного графічного мови для звернення до відеокарти платформи. Сама підтримка використання декількох оболонок реалізована не в самому модулі візуалізації результатів радіолокаційного огляду, а в відео движку Unity 1.7.2. При ініціалізації графічного режиму, движку Unity необхідно явно вказати спосіб відображення графіки на дисплеї. Unity підтримує такі

типи відображення відео інформації: DirectX 8, DirectX 9, OpenGL, підпали відео, драйвер програмного забезпечення Unity.

DirectX - сукупність технологій, виходячи з даних джерела, розроблених корпорацією Microsoft з метою перетворити Windows, в оптимальну платформу для мультимедійних додатків і комп'ютерних ігор з повнокольоровим графікою, відео, тривимірною анімацією і об'ємним звуком. Технологія DirectX стане складовою частиною майбутніх версій ОС корпорації Microsoft, а також браузера Internet Explorer. DirectX дає можливість розробникам ігрових програм і додатків мультимедіа створювати продукти, не прив'язані жорстко до тих чи інших апаратних засобів, користувачі можуть купувати ігри і програми мультимедіа для Windows, Центр не турбуючись про їх несумісність з апаратурою свого комп'ютера. До появи DirectX практично всі ігри для комп'ютерів PC реалізовувалися на платформі MS-DOS.

Кожну програму розробникам доводилося комплектувати безліччю відео- і аудіодрайвер (з тим, щоб охопити якомога більше встановлених у користувачів апаратних компонентів). DOS для подолання бар'єру в 640 кбайт. Середовище для Windows, спростила взаємодію користувачів з ПК завдяки зручному графічному інтерфейсу, не полегшило життя програмістів: в Windows, графічні програми функціонували надто повільно. Як не пародоксально це звучить, Windows, будучи графічним середовищем, була пристосована для виконання швидких графічних операцій. Намагаючись виправити ситуацію, компанія Microsoft розробила для творців комп'ютерних ігор і графічних додатків технологію крила, яка забезпечувала більш швидке виконання графічних операцій, ніж інтерфейс GDI (Graphics Device Interface) для Windows. У той же час корпорація не обмежувалася тільки рішенням проблем продуктивності.

Розробники прагнули до того, щоб програмісти могли створювати ігрові та прикладні програми, не замислюючись про те, які апаратні компоненти є у конкретного користувача. Сама операційне середовище мала

містити всі необхідні драйвери і взяти на себе взаємодію програми з апаратурою ПК, такий як аудіо-, відеоплати і принтери. Тим часом навіть після виходу в світ ОС Windows 95 Microsoft по платформа як і раніше не відповідала заявленим обіцянкам. Тільки сьогодні з появою вдосконалених технологій, які отримали узагальнену назву DirectX, положення починає змінюватися. Технологія DirectX дозволяє програмістам створювати додатки з вбудованим доступом до апаратних засобів. При цьому їм не потрібно знати специфіку апаратної конфігурації певного комп'ютера – явного програмування конкретної плати не потрібно. DirectX Фактично виконує роль проміжної ланки між програмою і драйвером, перетворюючи узагальнені команди в команди, специфічні для того чи іншого пристрою.

4 КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ

Проект – унікальний набір процесів, що складаються з скоординованих і керованих завдань з датами початку та закінчення, зроблених для досягнення мети. Досягнення мети проекту вимагає отримання результатів, що відповідають певним заздалегідь вимогам, в тому числі обмеження на отримання результатів, таких як час, гроші і ресурси.

Управління проектом – область діяльності, в ході якої визначаються та досягаються чіткі цілі проекту при балансуванні між обсягом робіт, ресурсами (такими як гроші, працю, матеріали, енергія, простір і ін.), Часом, якістю та ризиками. Ключовим фактором успіху проектного управління є наявність чіткого заздалегідь визначеного плану, мінімізації ризиків і відхилень від плану, ефективного управління змінами.

4.1 Планування проекту

Для поставленої задачі планування використовувалася програма MSProject 2010. Microsoft Project (або MSP) - програма управління проектами, розроблена і продається корпорацією Microsoft.

Microsoft Project створений, щоб допомогти менеджеру проекту в розробці планів, розподілі ресурсів за завданнями, відстеження прогресу і аналізі обсягів робіт. Microsoft Project створює розкладу критичного шляху. Розклади можуть бути складені з урахуванням використовуваних ресурсів. Ланцюжок візуалізується в діаграмі Ганта.

Проект дозволяє досягти певного результату в певні терміни і за певні гроші. План проекту складається для того, щоб визначити, за допомогою яких робіт буде досягатися результат проекту, які люди й устаткування потрібні для виконання цих робіт, в який час ці люди і обладнання будуть зайняті роботою по проекту. Тому проектний план містить три основні

елементи: завдання (завдання), ресурси (ресурс) і призначення (призначення). У табл. 4.1 наведено план проекту, відповідно до якого велася його розробка і реалізація. Дана таблиця містить всі завдання, які виконувалися при розробці многомашинной моделі радіолокаційного моніторингу, тривалість кожної з задач, терміни її виконання, а також які ресурси для цього використовувалися.

Таблица 4.1 – План проекта

Назва завдання	Тривалість	Початок	Кінець	Назви ресурсів
Початок реалізації проекту				
Проектування системи				
Ознайомлення з предметною областю				
Постановка задачі				
Аналіз предметної області				
Побудова функціональної моделі				
Інші роботи				
Проектування завершено				
Реалізація системи				
Аналіз доступних середовищ розробки				
Вибір середовища розробки				
Вибір бібліотек для розробки				
Складання формату для обміну даними				

Продовження табл. 4.1

Складання				

конфігураційного файлу першого модуля				
Розробка інтерфейсу налаштувань мережі				
Розробка інтерфейсу налаштувань атмосфери				
Написання коду генерації атмосферної обстановки				
Складання конфігураційного файлу другого модуля				
Розробка інтерфейсу графічних налаштувань				
Розробка головного меню другого модуля				
Написання коду генерації рельєфу місцевості по карті висот				
Розробка інтерфейсу налаштувань радіолокаційної станції				
Написання коду завантаження моделі локатора				
Написання коду моделювання процесу огляду				
Реалізація мережевого обміну даними між першим і другим модулем				
Написання коду для передачі результатів				

Продовження табл. 4.1

Складання конфігураційного файлу				

третього модуля				
Розробка головного меню третього модуля				
Написання коду для візуалізації оброблених даних				
Продовження				
Написання коду для збереження результатів обробки				
Інші роботи				
Реалізація завершена				
Налагодження розробленої системи				
Тестування роботи першого модуля				
Виправлення помилок першого модуля				
Тестування роботи другого модуля				
Виправлення помилок другого модуля				
Тестування третього модуля				
Виправлення помилок третього модуля				
Інші роботи				

4.2 Керування рисками проекта

Причиною виникнення ризиків є невизначеності, що існують в кожному проекті. Ризики можуть бути відомі – ті, які визначені, оцінені, для

яких можливо планування. Ризики невідомі – ті, які не ідентифіковано і не можуть бути спрогнозовані. Хоча специфічні ризики і умови їх виникнення не визначені, менеджери проекту знають, виходячи з минулого досвіду, що більшу частину ризиків можна передбачити.

Реалізуючи проекти, що мають високий ступінь невизначеності в таких елементах, як цілі і технології їх досягнення багато компаній приділяють увагу розробці та застосуванню корпоративних методів управління ризиками. Дані методи враховують як специфіку проектів, так і корпоративних методів управління.

Управління ризиками – це процеси, пов'язані з ідентифікацією, аналізом ризиків та прийняттям рішень, які включають максимізацію позитивних і мінімізацію негативних наслідків настання ризикових подій. Процес управління ризиками проекту зазвичай включає виконання наступних процедур:

1) Планування управління ризиками – вибір підходів і планування діяльності з управління ризиками проекту.

2) Ідентифікація ризиків – визначення ризиків, здатних вплинути на проект, і документування їх характеристик.

3) Якісна оцінка ризиків - якісний аналіз ризиків і умов їх виникнення з метою визначення їх впливу на успіх проекту.

4) Кількісна оцінка – кількісний аналіз ймовірності виникнення та впливу наслідків ризиків на проект.

5) Планування реагування на ризики – визначення процедур і методів по ослабленню негативних наслідків ризикових подій і використання можливих переваг.

6) Моніторинг та контроль ризиків - моніторинг ризиків, визначення залишаються ризиків, виконання плану управління ризиками проекту і оцінка ефективності дій з мінімізації ризиків.

Всі ці процедури взаємодіють один з одним, а також з іншими процедурами. Кожна процедура виконується, принаймні, один раз в кожному

проекті. Незважаючи на те, що процедури розглядаються як дискретні елементи з чітко визначеними характеристиками, на практиці вони можуть частково збігатися і взаємодіяти.

При розробці даного наукового проекту не здійснювалося серйозне управління ризиками, проте враховувалася можливість виникнення певних форс-мажорів, таких як хвороби виконавців, забуті роботи і т.п. Для цього в кожен етап була додана фіктивна завдання з мінімальним пріоритетом, під назвою «інші роботи» для кожного ресурсу, що можна побачити в таблиці 4.1. Після вирівнювання ресурсів ці завдання виявляються в кінці етапу. Тривалість цих завдань залежить від імовірності виникнення і ступеня впливу ризиків, вона залежить від способу визначення оцінок тривалості завдань, здоров'я членів команди та інших факторів. Тривалість «інших робіт» для кожного етапу розробки виставлялася приблизно до чверті довжини етапу. Такий метод обліку ризиків дозволяє, по-перше назвати терміни виконання проекту і його етапів, причому аргументовано і з високим ступенем достовірності, і по-друге оцінити приблизні трудовитрати по проекту.

4.3 Оцінка трудомісткості і термінів розробки програмного забезпечення

На даному етапі необхідно визначити, скільки часу займе реалізація проекту і в які терміни необхідно вирішити ту чи іншу задачу. Це, в свою чергу, визначить, коли саме потрібно залучити ті чи інші ресурси і як буде контролюватися розподіл коштів проекту.

Варто відзначити, що в управлінні термінами пріоритетним є визначення взаємозв'язків завдань проекту та способів їх реалізації; саме це і впливає в першу чергу на те, як вибудовуються завдання в календарному плані робіт. Даний підхід має ряд переваг:

По-перше, робота повинна визначати графік, а не навпаки, тому що

досить легко розробити календарний план, який на ділі буде розходитися з намірами.

По-друге, даний підхід повністю збігається з інструментами управління проектами, такими як Microsoft Project.

По-третє, використовуючи даний підхід, можна отримати цілком реалістичний графік результатів, менш схильних до змін, на відміну від графіків робіт, які є більш гнучкими і визначаються іншими способами.

Таким чином, процеси управління термінами проекту включають в себе наступні фази:

1) Визначення складу операцій - виявлення всіх планових операцій, які необхідно здійснити. Це досягається за допомогою таких методів як: декомпозиція, шаблони, планування методом набігає хвилі, експертна оцінка і т.д.

2) Визначення взаємозв'язків операцій включає ідентифікацію та документування логічних взаємозв'язків між плановими операціями. Завдання послідовності може бути виконання за допомогою програмного забезпечення для управління проектами або вручну.

3) Оцінка ресурсів операцій покликана визначити, які ресурси (людські, матеріальні і т.д.) будуть використовуватися і в якій кількості, і коли кожен з цих ресурсів буде доступний для виконання проектних рішень.

4) Оцінка тривалості операцій задіє інформацію про зміст робіт планової операції, типах необхідних ресурсів, розрахунковій кількості ресурсів і календарях ресурсів із зазначенням їх доступності.

5) Розробка розкладу здійснюється за допомогою визначення планових дат початку та закінчення кожної з операцій на проекті. Розробка розкладу проводиться безперервно по всьому проекту в міру виконання робіт, зміни плану управління проектом і виникнення або припинення очікуваних ризиків або виявлення нових.

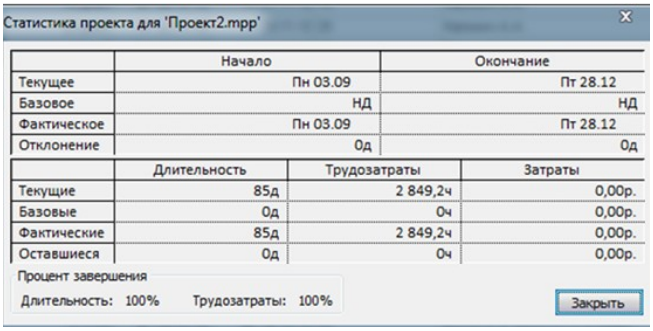
6) Управління розкладом інтегрує в собі всі вищеописані фази.

Коли всі плановані результати відображені на діаграмі, то не важко визначити початок і закінчення кожного результату.

Сама рання дата початку виконання завдання відповідно до логіки і обмеженнями розкладу називається «ранній старт». Її початок залежить від того, чи повинна попередня завдання бути завершена або достатньо її почати. Додаючи до дати «раннього старту» відрізок часу, призначений на виконання завдання, можна знайти дату «раннього фінішу», або найбільш раннього терміну завершення завдання відповідно до логіки і обмеженнями розкладу. Таким чином, можна визначити ранній старт і фініш для кожної з задач на діаграмі. Такий метод називається «прямий прохід». Він має на увазі прочитання діаграми зліва направо.

Отже, використовуючи метод прямого проходу, можна також дізнатися якою є загальна тривалість всього проекту, і в який час знадобляться ресурси для виконання проектних завдань. Отримані для даного проекту результати статистики проекту показані на рис. 4.1.

Для оцінки трудомісткості були складені зведений звіт про трудовитратах і ресурсів та звіт про базові трудозатратах ресурсів. Результати цих двох звітів наведені на рис. 4.2 і 4.3.



Статистика проекта для 'Проект2.mpp'

	Начало	Окончание
Текущее	Пн 03.09	Пт 28.12
Базовое	НД	НД
Фактическое	Пн 03.09	Пт 28.12
Отклонение	0д	0д

	Длительность	Трудозатраты	Затраты
Текущие	85д	2 849,2ч	0,00р.
Базовые	0д	0ч	0,00р.
Фактические	85д	2 849,2ч	0,00р.
Оставшиеся	0д	0ч	0,00р.

Процент завершения

Длительность: 100% Трудозатраты: 100%

Закрыть

Рисунок 4.1 – Статистика розробленого проекту

Як видно з обох звітів, представлених на малюнках вище, загальні трудовитрати ресурсів були розподілені приблизно рівномірно між всіма виконавцями даного проекту протягом його розробки.

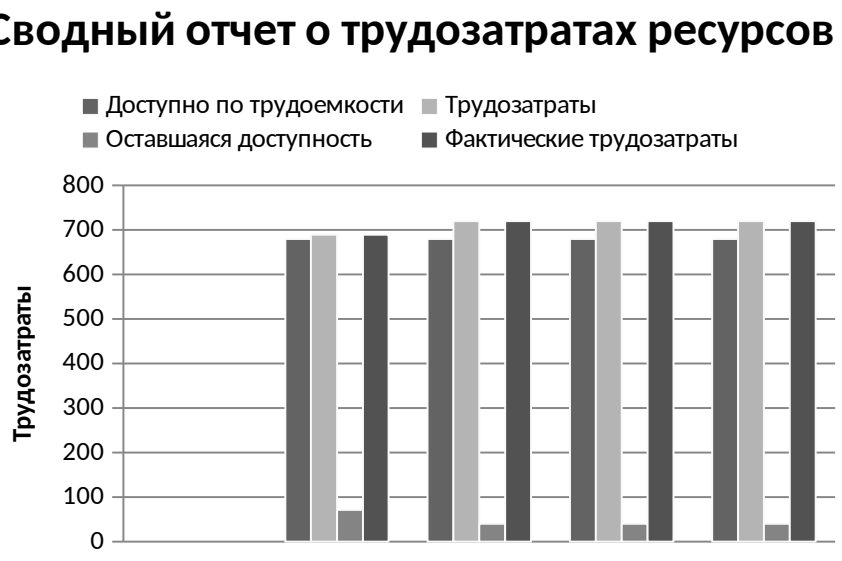


Рисунок 4.2 – Зведений звіт про трудовитратах ресурсів

Рисунок 4.3 – Звіт про базові трудозатратах

ВИСНОВКИ

У ході роботи над проектом була реалізована модель метеорологічної радіолокаційної станції і процесу радіолокаційного огляду.

У програмній системі реалізовані: настройка параметрів МРЛ, процес радіолокаційного огляду.

У даній роботі була розглянута програмна модель атмосферної обстановки, були так само розглянуті теоретичний матеріал і основні принципи які лягли в основу при розробки даної моделі. Дана модель може знайти застосування в комплексних системах короткострокового прогнозування, як один з програмно-робітників модулів системи.

Актуальність даного напрямку очевидна. Такі небезпечні явища погоди як грозоградовие процеси, атмосферні вихори, шквальний вітер, інтенсивні зливи та ін., Завдають істотної шкоди практично будь-якій сфері діяльності людини, а такі галузі як сільсько-господарська діяльність, авіаційна промисловість, морська господарська діяльність у наш час не можуть обходитися без якісного і своєчасного прогнозування небезпечних явищ погоди, які були описані вище.

Для розробки даної програмної моделі були використані наступні програмні засоби:

- комплексне рішення для 3D-моделювання Autodesk 3ds Max;
- інтегроване середовище розробки Microsoft Visual Studio;

інструмент для розробки додатків Unity.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Фінкельштейн М. І. Основи радіолокації. - М .: Радіо і зв'язок, 1983. 536 с.

2 Павлов Н.Ф. Аерологія, радіометеорологія і техніка безпеки - Л .: Гидрометеоиздат, 1980. 432 с.

3 Квитків М.В., Кузьменко В.П., Павлов Н.Ф., Цівенко Н.В. Радіометеорологія - М .: Військове видавництво, 1984. 210 с.

4. Радіолокаційні станції бічного огляду. А. П. Реутов, Б. А. Михайлов, Г. С. Кондратенков, Б. В. Бойко; Под ред. А. П. Реутова. - М .: Сов. радних.Наступні, 1970. 358 с.

5. Виноградов Б. В, Космічні методи вивчення природного середовища. - М .: Думка, 1976. 288 с.

3. Сулаквелідзе Г. К. Зливові опади і град. - Л .: Гидрометеоиздат, 1967. 412 с.

6. Міiервін В. Є., Шупяцкій А. Б. Радіолокаційний метод визначення фазового стану хмар і опадів. - Праці ЦАО, 1963, вип. 47, с. 63 - 84.

7. Віглеб Г. Датчики. М .: Світ, 1989. 4. Федотов Я.А. Основи фізики напівпровідникових приладів. М .: Сов.радіо, 1969. 860 с.

8. Фогельсон І.Б. Транзисторні термодатчики. М .: Сов.радіо, 1972. 400 с.

9. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Іванова А.Г. Основи температурних вимірювань. М .: Вища школа, 1992. 690 с.

10. Шефтель І.Т. Терморезистор. М .: Наука, 1973. 300 с.

11. Орлова М.П. Низькотемпературна термометрія. М .: Ізд.стандартов, 1975. 1200 с.

12. Зарубін Л.І., Неміш Ю.І. Напівпровідникова.1980. 560 с.

13. Парфьонов Є.М. і ін. Проектування конструкцій РЕА. - М .: Радио и связь, 1991. 930 с.

14. Ненашев А.П., Конструювання радіоелектронних засобів: навч. для радіотехнічних спец. вузів. - М .: Вища школа, 1990. 432 с.

15. Методичні вказівки по конструюванню радіоелектронного модуля другого рівня: Схема-деталь-модуль,Бородін С.М., Ульяновськ, 2004. 530 с.

16. Методичні вказівки: Забезпечення теплових режимів в конструкціях радіоелектронних засобів, Бородін С.М., Ульяновськ, 2008 р. 820 с.

17. Єфімова В.І. - Теоретичні основи складання, 1990. 650 с.

18. Достанко А.П. - М .: Технологія і автоматизація виробництва радіоелектронної апаратури, 1989. 400 с.

19. Кейлер В.А., Економіка підприємства. - М .: Новосібіркс: НГАЕіУ, 1999. 131 с.

20. Кондратьєва М.Н. Економіка підприємства: навч. посібник / М.М. Кондратьєва, Е.В. Тен. - 2-е вид. Під. - Ульяновськ: УлГТУ, 2006. 171 с.

21. Pasetsky V. M. Russian Meteorological Center. L .: Gidrometeoizdat 1978. 430 p.

22. Selezneva E. S. The first woman geophysics and meteorology. Gidrometeoizdat, 1989. 430p.

23. Khromov S.P. Meteorology and climatology for the geographical departments. - L .: Hydrometeorological Publishing House, 1964. 500 p.

24. Gorodetsky O. A., Gural'nik I. I., Larin V. V. Meteorology, methods and technical means of observation. - 2nd ed. - L .: Gidrometeoizdat, 1991. 336 p.

25. S. P. Khromov, Petrosyants M. A. Meteorology and Climatology. Textbook. - M .: Publishing. Moscow State University, 2001. 527 p.

ДОДАТКИ

Додаток А

Графічна частина магістерської роботи

Рисунок А.1 – Головна сторінка презентації

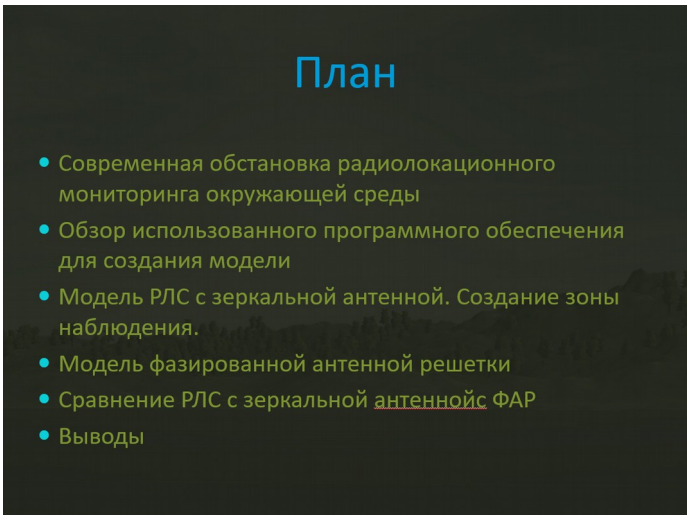


Рисунок А.2 – План

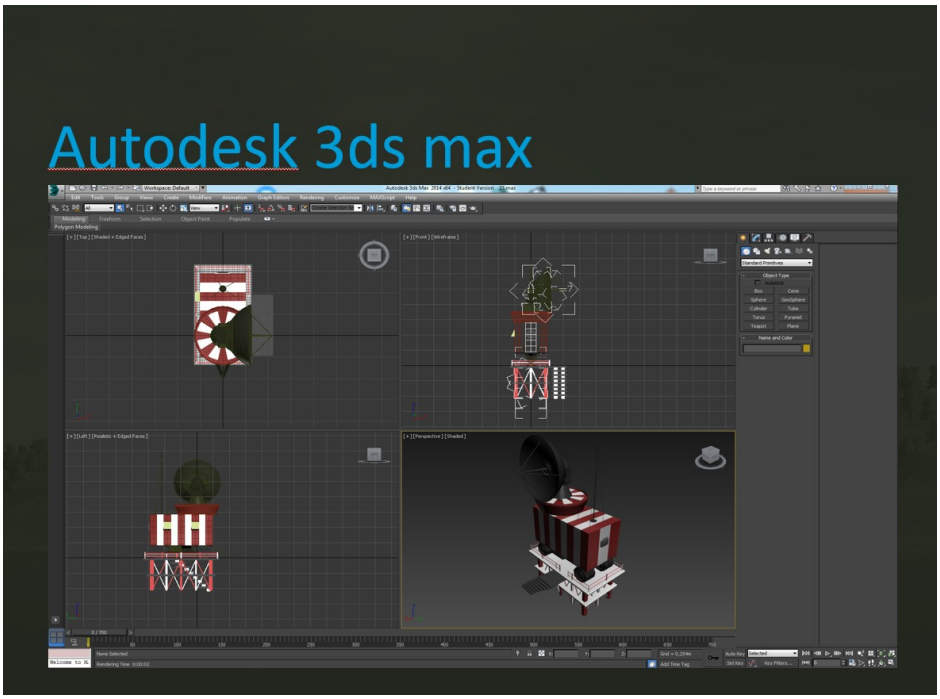


Рисунок А.3 – Autodesk 3ds max

Рисунок А.4 – Unity 3D

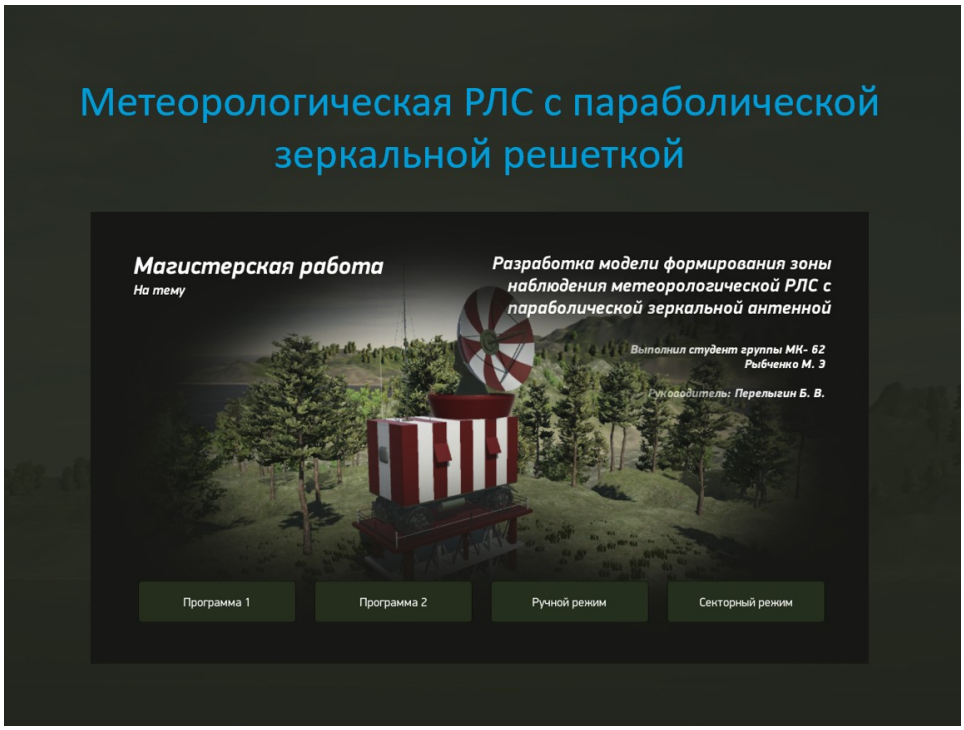


Рисунок А.5 – Головне вікно програми

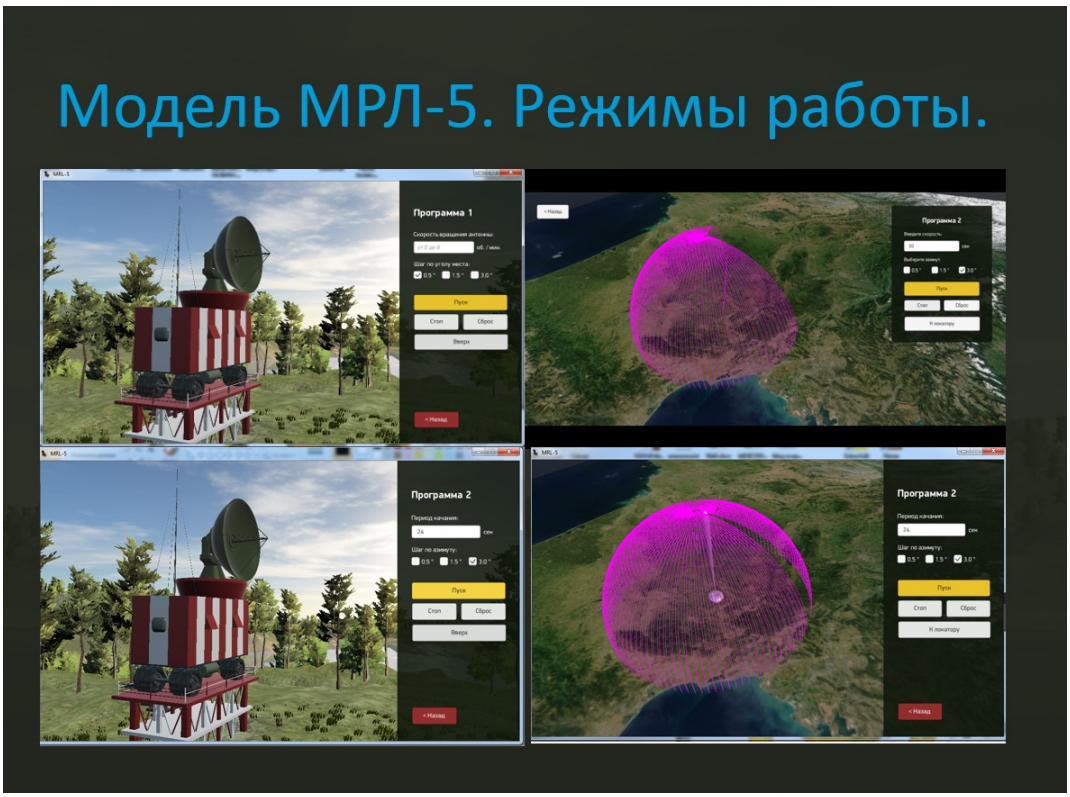


Рисунок А.6 – Режими роботи моделі МРЛ-5

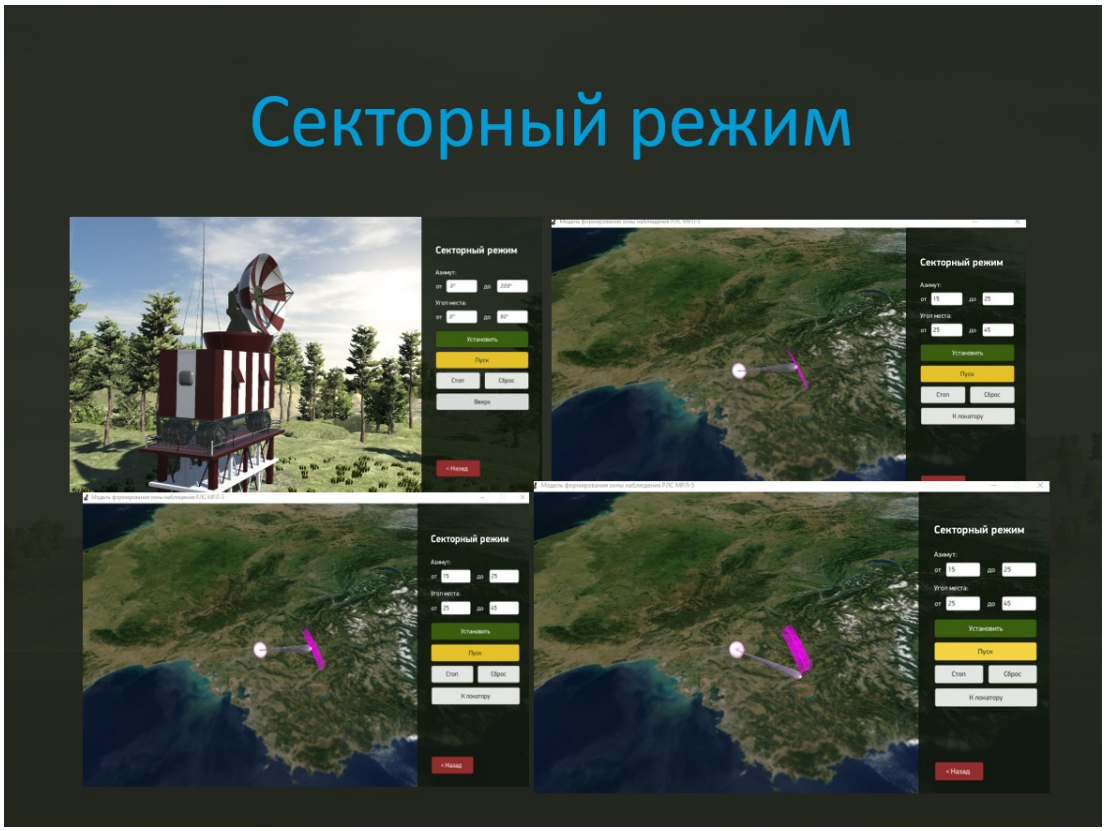


Рисунок А.7 – Режими роботи моделі ФАР

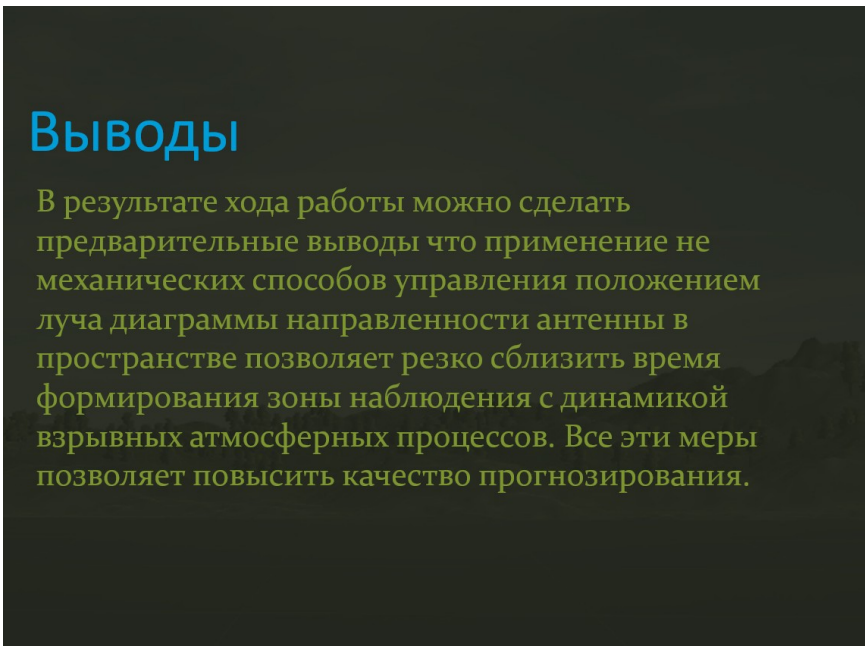


Рисунок А.8 – Висновки

Додаток Б

Кодова частина магістерської роботи

Прогарама 1

```
var ugol:GameObject;
var n:String;
var e:float;
var inputField:UnityEngine.UI.InputField;
var toggle1:UnityEngine.UI.Toggle;
var toggle2:UnityEngine.UI.Toggle;
var toggle3:UnityEngine.UI.Toggle;
var button1:GameObject;
var button2:GameObject;
var button3:GameObject;
var Error:GameObject;
function Start() {
    OnStop();
}
function Update() {
    if (toggle1.isOn == true) {
        e = 0.0084;
    }
    if (toggle2.isOn == true) {
        e = 0.025;
    }
    if (toggle3.isOn == true) {
        e = 0.05;
    }
```

```
    n = inputField.text;
    var g = parseFloat(n);
    if (g >= 0 && g <= 6) {
        var rotation = ugol.transform.eulerAngles;
        if (rotation.z <= 90) {
            ugol.transform.Rotate(new Vector3(0, 0, e*g) * Time.deltaTime);
            transform.Rotate(new Vector3(0, g*6, 0) * Time.deltaTime);
        }
        else {
            OnRev();
            OnRev();
        }
    }

}
function OnRev() {
    ugol.transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
    transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
}
function OnNew() {
    ugol.transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
    transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
    Time.timeScale = 0;
    inputField.text = "";
}
function OnStop() {
    Time.timeScale = 0;
}
function OnPlay() {
```

```
    n = inputField.text;
    var g = parseFloat(n);
    if (g >= 0 && g <= 6) {
        Time.timeScale = 1;
    }  else {
        Error.gameObject.SetActive(true);
        Time.timeScale = 0;
    }
}
function OnPlayError() {
    Error.gameObject.SetActive(false);
}
```

Прогарама 2

```
var ugol:GameObject;
var n:String;
var e:float;
var a = 0;
var g = 180;
var s:float;
var gwrite:float;
var egradus:float;
var inputField:UnityEngine.UI.InputField;
var toggle1:UnityEngine.UI.Toggle;
var toggle2:UnityEngine.UI.Toggle;
var toggle3:UnityEngine.UI.Toggle;
var button1:GameObject;
var button2:GameObject;
var button3:GameObject;
```

```
var Error:GameObject;
function Start() {
    OnStop();
}
function Update() {
    if (toggle1.isOn == true) {
        e = 0.5;
        egradus = 359.98;
    }
    if (toggle2.isOn == true) {
        e = 1.5;
        egradus = 359.94;
    }
    if (toggle3.isOn == true) {
        e = 3.00;
        egradus = 359.90;
    }
    n = inputField.text;
    gwrite = parseFloat(n);
    gwrite = gwrite + 0.00;
    var rotation = ugol.transform.eulerAngles;
    var rotation2 = transform.eulerAngles;
    var h2 = parseInt(rotation2.y);
    var h = parseInt(rotation.z);
    if (gwrite >= 24 && gwrite <= 80) {
        do {
         //   Debug.Log("Сканирование...");
            s = g/gwrite;
            if (h < 91 || h < 180) {
                ugol.transform.Rotate(new Vector3(0, 0, s) * Time.deltaTime);
```

```
            rotation = ugol.transform.eulerAngles;
            h = parseFloat(rotation.z);
        }
        if (rotation.z >= 359.0001 && rotation.z <= 359.9999) {
            rotation.z = 0.0001;
            ugol.transform.eulerAngles = rotation;
        }
        if ( h == 90 || (rotation.z >= 0.0001 && rotation.z <= 0.0249)) {
            a = a + 1;
            if (a%2 == 1) { g = -180; }
            else { g = 180; }
        }}
    } while (h == 100);
    transform.Rotate(new Vector3(0, e/gwrite, 0) * Time.deltaTime);
  }  else {
   //   Debug.Log("Задано неверное количество оборотов");
    Time.timeScale = 0;
  }
}
function OnNew() {
  ugol.transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
  transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
  Time.timeScale = 0;
  inputField.text = "";
}
function OnStop() {
  Time.timeScale = 0;
}
function OnPlay() {
  n = inputField.text;
```

```
    gwrite = parseFloat(n);

    if (gwrite >= 24 && gwrite <= 80) {
        Time.timeScale = 1;
    }  else {
        Error.gameObject.SetActive(true);
        Time.timeScale = 0;
    }
}
function OnPlayError() {
    Error.gameObject.SetActive(false);
}
```

Ручной режим

```
var ugol:GameObject;
var line1:GameObject;
var azim_min:String;
var azim_max:String;
var ugol_min:String;
var ugol_max:String;
var e = 3;
var e2:float;
var n:String;
var n1:String;
var e1:String;
var a = 1;
var g = 180;
var s:float;
var gwrite:float;
```

```
var egradus:float;
var inputField:UnityEngine.UI.InputField;
var inputField2:UnityEngine.UI.InputField;
var inputField3:UnityEngine.UI.InputField;
var inputField4:UnityEngine.UI.InputField;
var inputField5:UnityEngine.UI.InputField;
var button1:GameObject;
var button2:GameObject;
var button3:GameObject;
var button4:GameObject;
var Error:GameObject;
var toggle:UnityEngine.UI.Toggle;
var togfix:UnityEngine.UI.Toggle;
function Start() {
   OnStop();
}
function Update() {
if (togfix.isOn == true) {
       egradus = 359.94;

   azim_min = inputField.text;
   azim_min_parse = parseFloat(azim_min);

   azim_max = inputField2.text;
   azim_max_parse = parseFloat(azim_max);

   ugol_min = inputField3.text;
   ugol_min_parse = parseFloat(ugol_min);
   ugol_max = inputField4.text;
   ugol_max_parse = parseFloat(ugol_max);
```

```
gwrite = 18.00;
var rotation = ugol.transform.eulerAngles;
var rotation2 = transform.eulerAngles;

var h = parseInt(rotation.z);
if (gwrite >= 18 && gwrite <= 40) {
   do {
    //   Debug.Log("Сканирование...");
      e2=e/gwrite;
      s = g/gwrite;
      toggle.isOn = false;
      if (h < ugol_max_parse || h < 180) {
         transform.Rotate(new Vector3(0, e2, 0) * Time.deltaTime);
         ugol.transform.Rotate(new Vector3(0, 0, s) * Time.deltaTime);
         rotation = ugol.transform.eulerAngles;
         h = parseFloat(rotation.z);
      }
      if (rotation.z >= 359.0001 && rotation.z <= 359.9999) {
         rotation.z = 0.0001;
         ugol.transform.eulerAngles = rotation;
      }
      if ( (h >=  ugol_max_parse && h <= ugol_max_parse+1) || (rotation.z >=
ugol_min_parse-2.0001 && rotation.z <= ugol_min_parse+0.1001)) {
         a = a + 1;
         if (a%2 == 1) { g = -180; }
         else { g = 180; }
      }

          if (rotation2.y >= azim_max_parse) {
                  toggle.isOn = true;
```

```
                    e = -3;
                    }
                    if (rotation2.y <= azim_min_parse) {
                    toggle.isOn = true;
                    e = 3;
                    }
        } while (h == 100);
    }  else {
     //   Debug.Log("Задано неверное количество оборотов");
        Time.timeScale = 0;
    }
}
}
function OnNew() {
    ugol.transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
    transform.eulerAngles = new  Vector3(0, 0, 0);
    Time.timeScale = 0;
}
function OnInstall() {
    togfix.isOn = false;
    var azim_min_2 = inputField.text;
    var azim_min_parse_2 = parseFloat(azim_min_2);
    var azim_max_2 = inputField2.text;
    var azim_max_parse_2 = parseFloat(azim_max_2);
    var ugol_min_2 = inputField3.text;
    var ugol_min_parse_2 = parseFloat(ugol_min_2);
    var ugol_max_2 = inputField4.text;
    var ugol_max_parse_2 = parseFloat(ugol_max_2);
```

```
    if (azim_min_parse_2 < azim_max_parse_2 && ugol_min_parse_2 <
ugol_max_parse_2) {
                if ((azim_min_parse_2 >= 0 && azim_max_parse_2 <= 359) &&
(ugol_min_parse_2 >= 0 && ugol_max_parse_2 <= 90)) {
            ugol.transform.eulerAngles.z = ugol_min_parse_2+3;
            transform.eulerAngles.y = azim_min_parse_2;
                } else { Error.gameObject.SetActive(true);}
    } else { Error.gameObject.SetActive(true);}
    Time.timeScale = 0;
    a = 1;
    g = 180;
}
function OnStop() {
    Time.timeScale = 0;
}
function OnPlay() {
    a = 1;
    g = 180;
    var azim_min_2 = inputField.text;
    var azim_min_parse_2 = parseFloat(azim_min_2);
    var azim_max_2 = inputField2.text;
    var azim_max_parse_2 = parseFloat(azim_max_2);
    var ugol_min_2 = inputField3.text;
    var ugol_min_parse_2 = parseFloat(ugol_min_2);
    var ugol_max_2 = inputField4.text;
    var ugol_max_parse_2 = parseFloat(ugol_max_2);
    if (azim_min_parse_2 < azim_max_parse_2 && ugol_min_parse_2 <
ugol_max_parse_2) {
```

```
                if ((azim_min_parse_2 >= 0 && azim_max_parse_2 <= 359) &&
(ugol_min_parse_2 >= 0 && ugol_max_parse_2 <= 90)) {
            ugol.transform.eulerAngles.z = ugol_min_parse_2;
            transform.eulerAngles.y = azim_min_parse_2;
            Time.timeScale = 1;
                } else { Error.gameObject.SetActive(true);}
    } else { Error.gameObject.SetActive(true);}
togfix.isOn = true;
}
function OnPlayError() {
    Error.gameObject.SetActive(false);
}
```