


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ  
ДЕРЖАВНОГО НЕКОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА  
«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»  
Циклова комісія комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва циклової комісії)

Допустити до захисту

Голова випускової циклової комісії  
комп'ютерних систем та мереж

(повна назва циклової комісії)  
  
(підпис) Ірина КРАВЧУК  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« 10 » 06 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОГО СТУПЕНЯ**  
**ФАХОВИЙ МОЛОДШИЙ БАКАЛАВР**

Тема: «Програмування технічної системи автоматичного визначення  
погодного мінімуму аеропорту аеропорту за категоріями ІСАО»

Група: 3-012 Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Здобувач освіти

  
(підпис)

Антон НАВОЛОКІН  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Володимир САРНИЦЬКИЙ  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Консультант з оформлення  
пояснювальної записки

  
(підпис)

Оксана ОСАДЧА  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Кривий Ріг 2025 р.

КРИВОРІЗЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ  
ДЕРЖАВНОГО НЕКОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА  
«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

Відділення комп'ютерної та програмної інженерії  
Циклова комісія комп'ютерних систем та мереж  
Освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова випускової циклової комісії  
комп'ютерних систем та мереж

(повна назва циклової комісії)

  
(підпис) Ірина КРАВЧУК  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« 01 » 03 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ**

Наволокіну Антону Денисовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Програмування технічної системи автоматичного визна-  
чення погодного мінімуму аеропорту за категоріями ІСАО»

Керівник роботи Сарніцький Володимир Вікторович, викладач вищої категорії  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по коледжу від « 04 » 04 2025 року № 50-ст

2. Строк подання здобувачем освіти роботи з 1.03.25 по 10.06.25

3. Вихідні дані до роботи програма роботи мікропроцесорного пристрою

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Актуальність заявленої теми, приклади її технічного рішення, та розробка  
принципів власного рішення даної проблеми. А саме: продемонструвати та  
описати загальний принцип, або ідею рішення вказаної технічної проблеми,  
розробити структурну та функціональну схему системи та програму роботи  
мікропроцесорного пристрою

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Презентація Microsoft PowerPoint

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження технічного завдання	16.03.2025	Виконано
2	Огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи	18.03.2025	Виконано
3	Проблема визначення погодного мінімуму аеропорту	20.03.2025	Виконано
4	Приклади сучасних систем визначення метео інформації	26.03.2025	Виконано
5	Синтез та програмування мікро контролера	13.05.2025	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2025	Виконано
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи	02.06.2025- 06.06.2025	Виконано
8	Захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач освіти

  
(підпис)

Антон НАВОЛОКІН  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Володимир САРНИЦЬКИЙ  
(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)



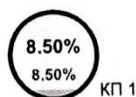
## Звіт подібності

## метадані

Назва організації  
**Ukrainian national aviation university**  
 Заголовок  
**Диплом Наволокіна**  
 Автор Науковий керівник / Експерт  
**НаволокінаСарніцький В.В**  
 підрозділ  
**Криворізький Фаховий коледж**

## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

5553

Кількість слів

44627

Кількість символів

## Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про **МОЖЛИВІ** маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		0
Інтервали		0
Мікропробіли		4
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		39

## Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

## 10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Колір тексту	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Диплом Карнауха 5/26/2025 Ukrainian national aviation university (Криворізький Фаховий коледж)		81 1.46 %
2	<a href="https://chota.plast.org.ua/materials/aviatsijna-meteorologiya-2/">https://chota.plast.org.ua/materials/aviatsijna-meteorologiya-2/</a>		37 0.67 %
3	<a href="https://www.rbc.ua/rus/news/kogo-nazivayut-batkom-meteorologiyi-i-chogo-1718111765.html">https://www.rbc.ua/rus/news/kogo-nazivayut-batkom-meteorologiyi-i-chogo-1718111765.html</a>		33 0.59 %
4	<a href="https://chota.plast.org.ua/materials/aviatsijna-meteorologiya-2/">https://chota.plast.org.ua/materials/aviatsijna-meteorologiya-2/</a>		27 0.49 %

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Програмування технічної системи автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту за категоріями ICAO» викладена на 57 сторінках, містить 27 рисунків, 1 таблицю, 16 використаних джерел.

**Мета роботи:** використати для побудови системи визначення погодного мінімуму аеропорту сучасні електронні та інформаційні технології.

**Актуальність роботи:** розробка технічної системи автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту за категоріями ICAO є актуальною темою для авіаційних підприємств. Така система безпосередньо впливає на безпеку польотів, що є головним пріоритетом у діяльності всіх авіакомпаній світу.

**Об'єкт дослідження:** погодні умови в районі злітно-посадкових смуг аеропортів.

**Предмет дослідження:** розробка технічної системи автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту за категоріями ICAO. В результаті роботи над кваліфікаційною роботою розроблено технічну систему автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту за категоріями ICAO, що сприяє підвищенню безпеки польотів літаків цивільної авіації.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	6
--------------------------------	---

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР В СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ .....	10
1.1. Історія метеорологічних досліджень .....	10
1.2. Метеорологічний фактор в системі безпеки польотів цивільної авіації.....	17
РОЗДІЛ 2 МІЖНАРОДНА ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ТА ЇЇ РОЛЬ У СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ.....	20
2.1. Міжнародна організація цивільної авіації <i>ICAO</i> .....	20
2.2. Категорії погодних мінімумів <i>ICAO</i> .....	23
РОЗДІЛ 3 ЦИФРОВІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ МЕТЕОРОЛОГІЇ .....	28
3.1. Цифрові та інформаційні технології в сучасній метеорології .....	28
3.2. Сучасні технології визначення та передавання метеорологічної інформації в авіації .....	33
3.3. Сучасні технології передавання технологічної інформації на борт літака ..	35
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПОГОДНОГО МІНІМУМУ АЕРОПОРТУ ЗА КАТЕГОРІЯМИ <i>ICAO</i> .....	43
4.1. Загальна ідея побудови технічної системи автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту за категоріями <i>ICAO</i> .....	43
4.2. Технічна система автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту та її програмування .....	46
4.3. Вартість реальної моделі проекту .....	52
ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	54
ДОДАТОК А .....	56

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

*ICAO* – міжнародна організація цивільної авіації

КПС – капітан повітряного судна

ПМ – погодний мінімум

ПЗ – програмне забезпечення  
ЦП – цифровий пристрій  
ЦТ – цифрові технології  
ІТ – інформаційні технології  
СЦК – спеціальний цифровий контролер  
ЗПС – злітно-посадкова смуга

8

## **ВСТУП**

Для забезпечення безпеки польотів у різних погодних умовах використовуються певні метеорологічні стандарти. Ці умови впливають на те, чи може пілот керувати літаком візуально або за допомогою приладів. Метеорологічне забезпечення авіації є критичним елементом для безпечного й ефективного виконання польотів. Воно містить збір, обробку, аналіз та надання метеорологічної інформації, яка необхідна пілотам, диспетчерам і іншим авіаційним службам для прийняття рішень щодо планування та виконання польотів.

Ще також, є сенс наголосити, що тією ж альфою та омегою безпеки польотів є людський фактор та фактор погоди.

Авіація – вкрай чутлива до погоди. Несприятливі погодні умови, такі як конвекція, турбулентність, зледеніння, туман, вітер, сніг та тропічні циклони – основні причини затримок авіарейсів та авіаційних аварій. Своєчасні та точні метеорологічні дані – шлях до підвищення безпеки польотів.

Авіаційна метеорологія відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки та ефективності польотів. Розуміння погодних умов і їх впливу на авіацію допомагає пілотам та авіадиспетчерам приймати правильні рішення.

У всьому світі обсяг метеорологічних досліджень зростає, накопичено великий досвід міжнародного співробітництва у проведенні таких міжнародних програм, як Програма дослідження глобальних атмосферних процесів та унікальних експериментів, подібних Міжнародного геофізичного року (1957- 1958), Атлантичного тропічного експерименту (1974) і т.д.

Дана робота присвячена розробкам автоматизації процесів визначення

метеорологічних умов в районі аеропорту посадки повітряних суден. Звичайно досліджень та робіт у цьому напрямку не бракує. Але моя розробка робить акцент на досить простих та перевірених практикою методах визначення метеорологічних параметрів і саме головне, дешевого, простому та доступному з фінансової точки зору обладнанні, придбання та мотаж якого не потребує ні

9

значних фінансів ні технологій.

Метою даної роботи є огляд розвитку метеорологічної науки та метеорологічних спостережень за погодою, а також ролі та місцю метеорології у діяльності комерційної цивільної авіації. Також розглядається роль у визначенні вище вказаних факторів міжнародною організацією цивільної авіації та ті вимоги і стандарти до визначення метеорологічних умов у районах аеропортів, що висовує ця організація. .

Предметом роботи є розробка технічної системи автоматичного визначення метеорологічних умов в районі аеропорту посадки повітряних суден за стандартами, що відомі на практиці як категорії погодних мінімумів *ICAO*.

10

## **РОЗДІЛ 1**

# **МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ФАКТОР В СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ**

### **1.1 Історія метеорологічних досліджень**

Ще на зорі своєї історії людина стикалася з несприятливими атмосферними явищами. Не розуміючи їх, він обожнював грізні і стихійні явища, пов'язані з атмосферою (боги – Перун, Зевс, Дажбог та ін). У міру розвитку цивілізації у Китаї, Індії, країнах Середземномор'я робляться спроби регулярних метеорологічних спостережень, з'являються перші наукові уявлення про клімат.

Першою працею про атмосферні явища було складено Аристотелем. З погляду історії, батьком метеорології як науки деякі називають Аристотеля, який ще в IV столітті до нашої ери у книзі під назвою "Метеорологіка" зібрав інформацію про

низку атмосферних явищ і спробував їх пояснити (див. рисунок 1.1).

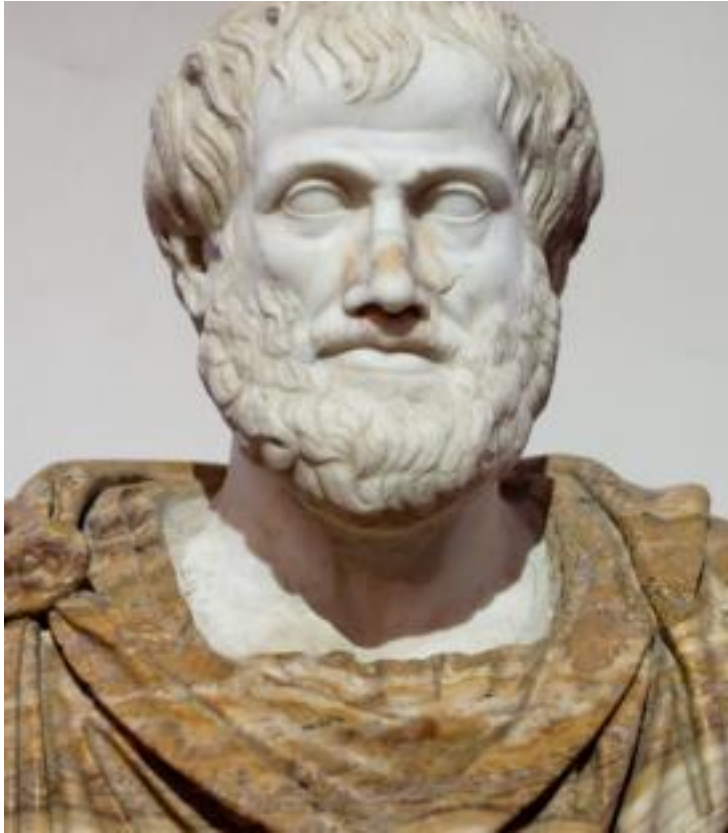


Рисунок 1.1 –  
Бюст Аристотеля

11

Сучасна наукова метеорологія веде початок з XVII ст., коли було закладено основи фізики. Великим вченим Галілеєм та його учнями були винайдені термометр (1610г.), барометр, дощомір, тобто з'явилася нова можливість інструментальних спостережень.

У той же час, можливість для кількісного опису атмосферних явищ з'явилася тільки в епоху Відродження, коли в 1592 італійський фізик, астроном і математик Галілео Галілей винайшов термоскоп (який став прабатьком всіх термометрів) (див. рисунок 1.2), в 1597 - винайшли термометр, а в 1644 -



бар.

Рисунок 1.2 – Галілея

У 17 столітті були винайдені основні метеорологічні прилади – термометр (Галілей, 1603), ртутний барометр (Торрічеллі, 1643) та барометр-анероїд (Лейбніц, 1700). Винахід приладів сприяло накопиченню матеріалів метеорологічних спостережень та підготувало ґрунт для виділення метеорології у самостійну науку.

12

Першим винахідником, який запропонував ідею створення пристосування, за допомогою якого можна було б здійснити задумане, був Галілей. Однак створити цей прилад – барометр, вдалося лише в 1643 році. І зробили це знамениті учні Галілея – Вінченцо Вівіані і Еванджеліста Торрічеллі.

Першим винахідником, який запропонував ідею створення пристосування, за допомогою якого можна було б здійснити задумане, був Галілей. Однак створити цей прилад – барометр, вдалося лише в 1643 році. І зробили це знамениті учні Галілея – Вінченцо Вівіані і Еванджеліста Торрічеллі.

Саме Торрічеллі зумів довести, що таке явище, як атмосферний тиск існує. Вперше ним була сформована гіпотеза, що повітряний океан, на дні якого живе

людина, постійно надає на неї певний тиск. Він запропонував одному своєму учневі Вінченцо Вівіані виміряти його величину, використовуючи запаяну з одного кінця трубку, наповнену ртуттю. Трубку перекинули в посудину, де була ртуть, речовина при цьому залишилося на певній висоті, в трубці над ртуттю, з'явилося порожній простір.

Перший в історії барометр був сконструйований після даного експерименту. Досвід, який провів в 1643 році Торрічеллі, став початком наукової метеорології. Завдяки тому, з якою високою точністю ртутний барометр міг виміряти атмосферний тиск, він швидко знайшов широке застосування в метеорології. Єдиним його недоліком вважається те, що у нього висока ймовірність витікання ртуті.

Відомим англійським вченим Робертом Гуком в 1670 році була створена шкала барометра, низький тиск в якій вказував, що наближається дощ або шторм, а суху і сонячну погоду віщував високий тиск. Цей старовинний предмет і є прообраз сучасного кімнатного барометра.

Історія створення водяного барометра починається з 1657 року завдяки вченому Отто фон Геріке. Прилад представляв собою довгу мідну трубку, нижній кінець якої був занурений у посудину, наповнену водою, а верхній зі скляною трубкою мав спеціальний кран і з'єднувався з повітряним насосом. Після відкачування повітря вода в трубці піднялася до висоти в 19 ліктів, потім

13

винахідник закривав кран, а сам барометр від'єднував від насоса. Отто помітив залежність між станом погоди і висотою води в трубці. У 1660 році йому вдалося передбачити сильну бурю в Магдебурзі за 2:00 до того, як вона почалася, що викликало здивування місцевих жителів.

Ідею створити анероїдний барометр висловив в XVII столітті Готфрід Вільгельм фон Лейбніц – фізик-математик з Німеччини. Але втілити її в життя йому не вдалося. «Анероїд» в перекладі з грецької – «безводний». Це означає, що в анероїдних барометрі відсутня ртуть. У 1847 р французьким інженером Люсьєном Віді був побудований перший анероїдний барометр (див. рисунок 1.3). Головною складовою анероїдного барометра є запаяний металевий циліндр, що має гофровану поверхню. З посудини в певному обсязі було викачане повітря, тобто

всередині залишалося розріджене повітря.



Рисунок

1.3 – Анероїдний барометр

14

Циліндр стискався, якщо тиск підвищувався, і, навпаки, розширювався, якщо воно знижувалося. Точність вимірювання атмосферного тиску анероїдним барометром трохи нижче ртутного, але зате він безпечний, і його можна використовувати в побутових умовах.

Деяко пізніше, у 1780 році, було створено Мангеймське метеорологічне товариство, яке організувало спостереження за погодою на 40 станціях по всьому світу (на підставі яких німецький фізик, метеоролог та астроном Генріх Вільгельм Брандес у 1820 році створив перші синоптичні карти Європи).

Починаючи із середини XVII ст. академія експериментування у Тоскані організувала першу нечисленну мережу інструментальних спостережень, які проводилися у кількох пунктах Європи. Крім того, неодмінною частиною програм усіх морських плавань було проведення спостережень за погодою. У цей час

з'явилися перші метеорологічні теорії. е.. Галлей дав перше пояснення мусонів, а Еге. Гадлей опублікував трактат про пасати. 28 листопада 1772 року в Лондоні народився Люк Говард, який здобув освіту фармацевта, став хіміком-виробником (продовжуючи справу батька), а також метеорологом-аматором (на тлі захоплення дослідженням атмосферних явищ). У презентації Аскесіянського товариства від 1802 року саме він запропонував систему номенклатури хмар, розділивши їх на три основні категорії - купчасті, кульові та перисті.

Крім того, Говард запропонував ряд проміжних складних модифікацій (таких, як циростратус і циркумулюм) - щоб врахувати переходи між формами хмар.

В опублікованій у 1803 році роботі "Нарис модифікації хмар" вчений розмістив також докладні малюнки хмар - на додаток до письмових описів власних класифікацій. Примітно, що ці малюнки були зроблені чоловіком власноруч (взяті із нотаток та акварельних ескізів із етюдника Говарда). Проте пейзажі робив живописець Едвард Кенніон (оскільки Говард у відсутності офіційної художньої підготовки).

15

Крім основної роботи "з хмарами", Говард досліджував інші метеорологічні явища та описував результати у численних статтях.

Він, наприклад, став піонером у вивченні міського клімату (опублікувавши в 1818-1820 роках найдавнішу наукову книгу з міської кліматології "Клімат Лондона" на 700 сторінок) і "знищив" теорію дощу шотландського природознавця-геолога Джеймса.

У 1837 році Говард опублікував перший підручник з метеорології "Сім лекцій з метеорології". Саме цього британського вченого Люка Говарда називають "хрещеним батьком хмар", а також "батьком метеорології" (див. рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Бюст Аристотеля

На середину XVIII в. М. Ст. Ломоносов вважав метеорологію самостійною наукою, головним завданням якої було "передбачення погоди". Було організовано за приватною ініціативою Маннгеймське метеорологічне суспільство, яке створило в Європі на добровільній основі мережу з 39 метеорологічних станцій (у тому числі три в Росії – Санкт-Петербурзі, Москві, Пишменський завод), укомплектованих одноманітними та проградуйованими приладами. Мережа

16

функціонувала 12 років. У XIX ст. з'являються державні мережі станцій. А на початку століття працями А. Гумбольдта та Г.Г. Дові в Німеччині закладаються основи кліматології. Близько 1820 р. Ст. Брандесу у Німеччині прийшла думку нанести на географічні карти спостереження Маннгеймської мережі станцій. Таким чином, з'явилися перші синоптичні карти, що дозволили виявити області високого та низького тиску.

Вони виявилися рухливими і рухалися, як правило, із заходу на схід. Після винаходи телеграфу, з 50-х років, з ініціативи астронома У. Левер'є в Франції та адмірала Р. Фіцроя в Англії синоптичний метод дослідження атмосферних фронтів швидко увійшов у загальне вживання. На його основі виникла нова галузь метеорології – синоптична метеорологія.

Розвиток метеорології у ХХ столітті йшов бурхливими темпами. Успіхи динамічної метеорології були пов'язані у ХХ столітті з працями Б'єркнеса, Маргулеса, Непір-Шоу, Фрідмана тощо. Сьогодні яскраво виражена тенденція до зближення динамічної та синоптичної метеорології. Великих успіхів досягнуто з початку ХХ століття у галузі аерологічних досліджень. У багатьох країнах висувались чудові організатори та дослідники цього нового напрямку, зокрема Тейсеран-де-Бор у Франції, Ассман у Німеччині, що відкрили існування стратосфери. Пізніше стало відоме ім'я винахідника першого радіозонду - Б.А.Молчанова. Відбувся прогрес в актинометрії, розвиток радіометеорології, біометеорології.

Складність предмету досліджень метеорології та потреби різних галузей економіки привели до необхідності виникнення різних галузевих дисциплін. На основі поділу предмету дослідження в метеорології виділяють такі підгалузі: - синоптична метеорологія (прогнозування погоди); - динамічна метеорологія (теоретичні основи науки); - актинометрія (вивчення режимів надходження потоків сонячної радіації); - кліматологія.

Галузеві науки, що забезпечують різні потреби господарства: - агрометеорологія;

- авіаційна метеорологія;
- будівельна метеорологія;
- медична метеорологія.

## **1.2 Метеорологічний фактор в системі безпеки польотів цивільної авіації**

З приведено вище переліку галузевих метеорологічних напрямків відносно моєї роботи першочогову зацікавленість визиває авіаційна метеорологія.

Метеорологічне забезпечення авіації є однією із найважливіших задач

Гідрометеорологічної служби. В процесі розвитку авіаційної техніки вимоги до метеорологічного забезпечення авіації змінюються, але залишаються високими, і значення точності діагнозу та прогнозу метеорологічних умов постійно зростає зі

збільшенням об'єму повітряних перевезень і подорожчанням літальних апаратів та їх експлуатації. Таким чином, авіація залишається найбільш вимогливим користувачем метеорологічної інформації (див. рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Авіація, як найбільш вимогливий користувач метеорологічної інформації

18

З виникненням та розвитком авіації з'явилися інші науки, які повинні її обслуговувати. Авіаційна метеорологія – одна з них. Авіаційна метеорологія – прикладна галузь метеорології, яка вивчає метеорологічні величини з точки зору їх впливу на авіаційну техніку та діяльність авіації, а також розробляє теоретичні основи метеорологічного забезпечення польотів. Головна задача авіаційної метеорології – забезпечення безпеки польотів та ефективне використання авіаційної техніки у різноманітних умовах погоди.

При вивченні впливу метеорологічних умов на авіаційну техніку авіаційна метеорологія використовує досягнення:

- аеродинаміки,
- теорії літаководіння,
- повітряної навігації,
- радіометеорології,

- космонавтики та інших наук.

В свою чергу дослідження перелічених галузей наукових знань вирішують свої задачі за допомогою досягнень авіаційної метеорології та інших метеорологічних наук. Аеродинаміка, наприклад, торкається таких питань, як будова та термодинаміка атмосфери, турбулентність та т.п. Теорія літаководіння при вирішенні ряду задач опирається на сучасні відомості про поля повітряних течій та їх особливості на різних висотах, а також на інформацію про наявність на маршруті польоту небезпечних для авіації гідрометеорологічних явищ. Авіаційна метеорологія пов'язана з синоптичною метеорологією, кліматологією, фізикою атмосфери, супутниковою метеорологією, спеціалізованими прогнозами погоди та іншими розділами метеорології. Основні етапи розвитку авіаційної метеорології: 1. До 1910 р. – до появи перших літаків. 2. 1910-1940 рр. - поява літаків. 3. 1940-1960 рр. - розвиток мережі радіозондування, карти баричної топографії. 4. 1960-1990 рр. – використання радіолокаційної та супутникової інформації. Побудова авіаційних карт погоди (АКП). 5. З 1990 рр. – автоматизація роботи синоптиків, впровадження інформаційних технологій.

До появи радіозондування та реактивних літаків відомості про метеорологічні

19

умови у верхній тропосфері та стратосфері були дуже обмежені. Необхідність забезпечення польотів реактивних літаків поставила перед авіаційною метеорологією задачу вивчення метеорологічних умов польоту на великих висотах та дала технічні засоби для її вирішення.

Численні польоти-дослідження сучасних літаків дозволили мати інформацію про поля хмар, вітру та турбулентності у вільній атмосфері.

Збільшення дальності, швидкості та висоти польотів, вдосконалення авіаційної техніки та оснащення аеродромів приводять до необхідності детального вивчення та врахування впливу навколишнього середовища на польоти повітряних суден. Особливості цього впливу і пов'язані з ним питання метеорологічного забезпечення польотів вивчаються у дисципліні «Авіаційна метеорологія», що поділено на дві частини «Вступ до авіаційної метеорології» і «Авіаційна метеорологія», у відповідності зі структурою викладання предмету.

Сьогодні у зв'язку з масовими польотами реактивних літаків на різних висотах

особливого значення набуває облік метеорологічних чинників при інженерно штурманських розрахунках для більш ефективного використання льотно-технічних даних повітряних суден. Сучасні реактивні літаки мають швидкість польоту більшу, ніж швидкість звуку та вийшли за межі тропосфери.

Зліт та посадка літаків та гелікоптерів, їх пілотування, комфортабельність і безпека польотів, ефективність льотних завдань залежать від стану хмарності та пов'язаних з хмарами метеорологічних явищ.

Безпеку польотів на великих висотах неможливо забезпечити без урахування впливу температури, густини повітря та інших характеристик фізичного стану атмосфери.

З розвитком математики та обчислювальної техніки з'являються реальні можливості автоматизувати метеорологічне забезпечення сучасної цивільної авіації.

20

## **РОЗДІЛ 2**

### **МІЖНАРОДНА ОРГАНІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ ТА ЇЇ РОЛЬ У СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ**

#### **2.1 Міжнародна організація цивільної авіації та її роль у системі безпеки польотів**

Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО), яка є спеціалізованою установою. Організація Об'єднаних Націй була створена в 1944 році для сприяння безпечному та впорядкованому розвитку міжнародної цивільної авіації у всьому світі (див. рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Логотип ІСАО.

Організація заснована відповідно до Чиказької конвенції про цивільну авіацію 1944 року, є спеціалізованою установою ООН, що займається організацією і координацією міжнародного співробітництва держав у всіх аспектах діяльності цивільної авіації. Учасниками *ІСАО* є близько 190 держав, у тому числі на основі правонаступництва й Україна. СРСР вступив в *ІКАО* 10 листопада 1970 року. Штаб-квартира організації розташована в місті Монреаль у Канаді (див. рисунок 2.2).

*ІСАО* встановлює стандарти та правила, необхідні для забезпечення безпеки польотів, авіаційної безпеки, ефективності та охорони навколишнього середовища

21

у глобальному масштабі. Вона є головним форумом зі співробітництва у всіх галузях цивільної авіації між її 190 Договірними державами.



Рисунок 2.2 – Штаб-квартира ІСАО у Монреалі.

Підвищення рівня безпеки польотів у глобальній системі повітряного транспорту є основною та найважливішою стратегічною метою ІСАО. Організація проводить постійну роботу, спрямовану забезпечення та підвищення показників стану безпеки польотів у всьому світі за рахунок здійснення наступних видів координованої діяльності:

- Ініціативи щодо вироблення політики та стандартизації;
- Моніторинг основних тенденцій та показників у сфері безпеки польотів;
- Аналіз стану безпеки польотів;
- Реалізація програм з вирішення пов'язаних з безпекою польотів питань. У кожному разі така діяльність супроводжується ретельною оцінкою з боку ІСАО глобальних показників безпеки польотів на основі встановлених принципів

22

управління ризиками, які лежать в основі сучасних державних програм з безпеки польотів (ДержББП) та систем управління безпекою польотів (СУБП).

Застосування цих принципів у сфері безпеки польотів вимагає від Організації

запровадження взаємозалежного та послідовного процесу об'єктивного аналізу з використанням у відповідних випадках проактивного та реагуючого підходу, особливо при оцінці ризиків безпеки польотів.

При здійсненні всіх видів своєї координованої діяльності в галузі безпеки польотів *ICAO* прагне знайти оптимальне збалансоване рішення з урахуванням виявленого в ході оцінок ризику та необхідних, практично здійснених стратегій зменшення ризику.

Ця перша доповідь 2011 року про стан безпеки польотів у світі покликаний надати державам - членам, авіаційній спільноті та пасажиром високоякісний аналіз тенденцій та показників стану безпеки польотів на повітряному транспорті. Він також представляє собою всеосяжний звіт про масштабні програми забезпечення безпеки польотів, що реалізуються *ICAO* та її партнерами, з акцентом на важливу керівну роль Організації у справі розширення співробітництва та впровадження інноваційних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки польотів на повітряному транспорті у всьому світі. У майбутньому доповіді *ICAO* про стан безпеки польотів будуть видаватися щорічно та надавати авіатранспортній спільноті останню поточну інформацію про основні показники ефективності забезпечення безпеки польотів. При необхідності, на додаток до зазначених доповідей публікуватимуться спеціальні, подібно до цього, видання, для того щоб відзначити видатні досягнення в галузі забезпечення безпеки польотів.

Вищим органом є Асамблея з представництвом усіх членів ІКАО. Збирається не рідше рази на три роки.

Виконавчим органом *ICAO* є Рада (див. рисунок 2.3). Вона складається з представників, що обираються Асамблеєю з країн із найрозвиненішим повітряним транспортом. Рада є постійним органом *ICAO*, підзвітною Асамблеї, що керується Президентом, який обирається Асамблеєю на три роки.



Рисунок 2.3 – Прапори країн членів *ICAO* у Монреалі.

## **2.2 Категорії погодних мінімумів *ICAO***

За умовами погоди польоти поділяються на польоти в складних та простих метеорологічних умовах.

Польотами в простих метеорологічних умовах зводяться такі польоти, які виконуються, як правило, в умовах хорошої видимості землі та природного горизонту.

Польотами в складних метеорологічних умовах зводяться польоти, які виконуються, як правило, по приладах в умовах відсутності видимості землі та природного горизонту.

Складні метеорологічні умови, в основному, визначаються станом хмар та

видимості. Польоти в хмарах й поза хмарами вдень та вночі, тобто незалежно від часу доби, для всіх типів літаків є польотами в складних метеорологічних умовах. Для безпеки посадки літака в складних метеорологічних умовах необхідна певна мінімальна висота нижньої межі хмар й погіршена (посадкова) видимість. Мінімальна висота нижньої межі хмар (НМХ) – висота, з якої пілот чітко бачить наземні орієнтири, і, в тому числі, й вогні світлообладнання ЗПС, та може візуально вести літак на лінію посадки і здійснити посадку.

Мінімальна посадкова видимість – відстань по уклону від глісади зниження, на якій пілот літака, що приземляється, при переході від пілотування по приладах до візуального пілотування може виявити та розпізнати початок ЗПС. Мінімум погоди – мінімально припустимі значення висоти НМХ і видимості, які забезпечують безпеку польоту ПС.

Для безпеки і регулярності польотів на аеродромах встановлюються мінімуми для зльоту та посадки. При визначенні мінімумів ураховуються такі фактори:

- тип літака (мінімум для зльоту та посадки);
- бортове та наземне обладнання для зльоту та посадки;
- розмір та характеристики ЗПС;
- час доби;
- наявність перешкод в секторі зльоту та посадки;
- рельєф місцевості біля аеродрому.

Аеродроми, які обладнані більш сучасними посадковими системами і не мають поблизу природних та штучних перешкод, мають більш низькі мінімуми. З таких аеродромів зліт та посадка здійснюються при більш складних метеорологічних умовах.

Мінімум аеродрому для зльоту - мінімально припустимі значення дальності видимості на ЗПС і при необхідності висоти НМХ (вертикальної видимості). Мінімум аеродрому для посадки - мінімально припустимі значення дальності видимості на ЗПС і висоти НМХ (вертикальної видимості), яка

дорівнює висоті прийняття рішення.

Висота прийняття рішення (ВПР), коло – встановлений маршрут польоту над аеродроном, який здійснюється на висоті не менш за 300 м над рівнем

аеродрому. Для деяких аеродромів встановлюється висота кола  $\geq 600$  м.

Висота хмар та висота прийняття рішення близькі одна до одної. Якщо, наприклад, рівень прийняття рішення 30 м, то літак, пілот якого візуально не бачить землі, може опускатися до 30 м.

Мінімум командира для посадки - мінімально припустимі значення висоти прийняття рішення та дальності видимості на ЗПС.

Мінімум командира ПС для польотів по ПВП - мінімально припущені значення висоти НМХ та видимості, при яких дозволяються візуальні польоти. Дальність видимості на ЗПС – найбільша відстань у напрямку зльоту та посадки, з якого ЗПС, спеціальні вогні або маркери, які обмежують ЗПС, можуть бути видимими над осьовою лінією ЗПС, яка відповідає середньому рівню ока пілота над ЗПС (ця висота приймається рівною 5 м).

У залежності від обладнання аеродромів комплексом засобів для автоматичного заходу на посадку в найбільш складних метеорологічних умовах встановлюються три категорії метеомінімумів:

- метеомінімуми I категорії – висота прийняття рішення 60 м, дальність видимості на ЗПС 800 м.

- метеомінімуми II категорії – висота прийняття рішення від 30 до 60 м, дальність видимості на ЗПС менш ніж 800, але не менш ніж 400 м; -

метеомінімуми III категорії – висота прийняття рішення менш ніж 30 м, дальність видимості на ЗПС менш ніж 400 м. Імовірність попадання в метеорологічні умови, які віднесені до I категорії мінімуму складає 8...10 %, II – 3...4 % та III – 0,5 %.

Мінімуми погоди, які прийняти ICAO (див. рисунок 2.4): - мінімум I категорії: НВПР= 60 м, видимість посадкових вогнів  $V = 800$  м; - мінімум II категорії: НВПР= 30 м,  $V = 400$  м;

- мінімум III категорії: без обмеження (автоматична посадка):

- III-A НВПР= 0 м,  $V = 200$  м;

- III-B НВПР= 0 м,  $V = 0$  м

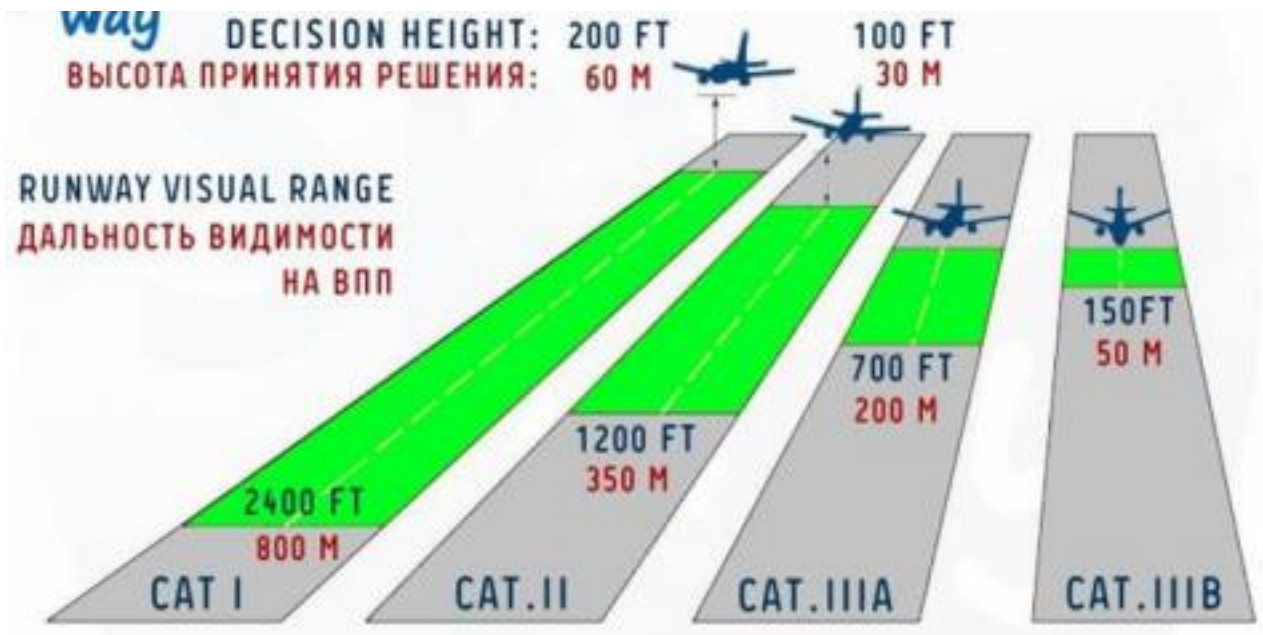


Рисунок 2.4 – Категорій погодних мінімумів ICAO.

Виконання польотів в Арктиці та Антарктиці потребує введення відповідних мінімумів погоди.

У теперішній час для польотів ПС в Арктиці (в арктичних експедиціях та при проведенні льодової розвідки) встановлені наступні мінімуми: - у відкритому морі – ННМХ не менше ніж 150 м, видимість не менш ніж 2000 м;

- поблизу берегової лінії материку, островів, архіпелагів - ННМХ  $\leq$  200 м, видимість не менш ніж 5000 м;

- в вузьких протоках з високими берегами - ННМХ  $\leq$  250 м, видимість не менш ніж 5000 м, відсутність стокового вітру (потік повітря під дією сили ваги по достатньо похилому схилу).

Для польотів ПС в Антарктиці встановлені наступні мінімуми: - при польотах на дальні маршрути між береговими науковими станціями - ННМХ над рельєфом не менш ніж 600 м, видимість не менш ніж 5 км; - при польотах у глибину материку - ННМХ над рельєфом  $\leq$  700 м, видимість не менш ніж 10 км;

- при польотах до санно-тракторних потягів та до інших об'єктів із скиданням вантажу з повітря – хмарність не більше 5 балів, ННМХ  $\leq$  600 м, видимість не менш ніж 6 км, відсутність хуртовини та стокового вітру. Аеропорт «Бориспіль» був обладнаний для автоматизованої посадки

літаків за метеомінімумом I категорії *ICAO* ще в 70 рр. Тоді ж на базі новітньої електронної обчислювальної техніки почали розробляти автоматизовані системи управління повітряним рухом. Вперше в Радянському Союзі в березні 1979 р. Бориспільському аеропорту було вручене сертифікат на право здійснювати прийом літаків II категорії *ICAO* (див. рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Аеропорт Бориспіль.

Колектив Бориспільського аеропорту іноді називають «випробувальним полігоном цивільної авіації». Український міжнародний аеропорт «Бориспіль» першим в СНД дістав можливість з 26 травня 2001 р. приймати ПС за III категорією *ICAO*, в якому установкою світлосигнального обладнання і ряду інших систем займалася німецька компанія *Honeywell Airport Systems GmbH*.

28

## РОЗДІЛ 3

### ЦИФРОВІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНІЙ МЕТЕОРОЛОГІЇ

#### 3.1 Цифрові та інформаційні технології в сучасній метеорології

Поява доплерівських радарів, удосконалення метеорологічних супутників та модернізація систем оповіщення вивели на новий рівень метеорологічне

обслуговування. Завдяки технологіям та інноваційному підходу до їх застосування стала доступною розширена інформація про поточну ситуацію та методи прогнозування на найближчі та віддалені періоди (див. рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Використання супутникової метеорологічної інформації

Інноваційні системи цифрових баз даних, зв'язку та прогнозування надають можливість вивести метеорологічне обслуговування на новий рівень. Сучасні гідрометеорологічні прогнози представлені у різноманітних форматах оповіщення. Крім наземних спостережень, для метеорологів основними постачальниками інформації є радари та супутники. Удосконалення технологій

29

відкрило доступ до раніше недосяжних методик та відомостей. Синоптики можуть охоплювати окремі сегменти, прогнозувати шторми та сповіщати про погодні умови, не залишаючи обсерваторії та студії.

За підсумками відомостей створюється комп'ютерна модель атмосфери – програмний комплекс, який з урахуванням систем рівнянь гідротермодинаміки робить метеорологічні прогнози. Наприклад, прогнозування погоди на ресурсі <Погода Мета> на термін від 5 до 10 днів має точність до 70%. Місячні, а тим більше сезонні прогнози складаються на основі баз даних, зібраних за попередні роки.

Для отримання різного роду метеорологічної інформації все більше

використовується і так званий «штучний інтелект». Наприклад, компанія *DeepMind* (Великобританія) у вересні 2021 року представила систему штучного інтелекту, яка навчилася прогнозувати дощ та інші опади на короткий термін – до 2-х годин. Щоб досягти такого результату, було розроблено методи глибокого навчання ШІ з використанням великих масивів радіолокаційних спостережень.

Для створення більш точних прогнозів ШІ використовує радіолокаційні дані, що надходять із частотою 5 хвилин та роздільною здатністю 1 кілометр. Залучені експерти-метеорологи визнали, що новий підхід у 89% випадків був точнішим, ніж методи, які використовувалися раніше.

Робочим станціям нового покоління для якісного прогнозування погоди потрібна велика пропускна спроможність, обсяг зберігання та обчислювальна потужність, щоб впоратися зі швидким збільшенням обсягу даних, а також зі збільшеним тимчасовим та просторовим дозволом на виході. Неухильний прогрес у галузі інформаційних технологій та комунікаційних можливостей передбачає, що швидке збільшення обсягу інформації продовжуватиметься і може навіть прискоритись у наступні роки.

Деякі станції включають можливість обміну миттєвими повідомленнями в Інтернеті (IMChat), щоб дозволити метеорологічним та гідрологічним службам спілкуватися з ключовими партнерами під час значних гідрометеорологічних явищ та надзвичайних подій. У свою чергу, синоптики отримують звіти щодо

30

конкретних ділянок та іншу інформацію, яка може допомогти з прогнозами та попередженнями. Радар із подвійною поляризацією

Більшість метеорологічних програм оснащено програмою для перегляду радара. Завдяки доступності та простоті інтерпретації, радіолокаційне зображення широко поширене. Погодні радари модернізовано подвійною поляризацією. Традиційні радари передають та приймають імпульси енергії строго в горизонтальній орієнтації. Радари з подвійною поляризацією передають та приймають імпульси енергії як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямку.

Нововведення дозволяє метеорологам визначати розмір і форму об'єкта, на який потрапляє промінь. Метеорологи можуть визначити форму об'єкта і зробити

висновок, чи виявлено:

- дощові краплі;
- снігопад;
- опади у вигляді граду;
- пилову хмару; інші погодні явища.

Ця інформація дозволяє отримати повне уявлення про поточну погодні ситуацію та скласти максимально точний прогноз.

У наш час особливу роль у прогнозування метеорологічної інформації відіграють штучні супутники Землі, які постійно вдосконалюються у напрямку моніторингу метеорологічної інформації.

Сучасні супутники набули безліч покращень порівняно зі своїми попередниками. Вони постачають утричі більше спектральної інформації, просторовий дозвіл підвищився вчетверо, швидкість покриття збільшилася вп'ятеро. Це означає, що за п'ять хвилин нові супутники можуть сканувати майже всю півкулю. Це надзвичайно фантастичний показник з точки зору швидкості його отримання. Детектори блискавок дозволяють виявляти розряди з космосу, чого не вистачало попереднім супутникам через відсутність відповідного обладнання (див. рисунок 3.2).



### Рисунок 3.2 – Метеорологічний супутник

Переваги нових супутників можуть оцінити як фахівці, так і широка публіка. Веб-сайти та мобільні програми, які показують супутникові зображення у видимому та інфрачервоному діапазоні, тепер використовують покращені функції. Супутникові зображення стали більш докладними та репрезентативними для поточної ситуації, скоротилися проміжки між оновленнями.

Об'єднання кількох спектральних каналів дозволяє спростити діагностику типу хмар, що допомагає впевненіше визначити, чи є густий туман або низькі хмари в цьому місці. Так само очевидна різниця між глибоким сніговим покривом з чистим небом і густими низькими хмарами. Ці явища виглядали однаково на традиційних супутникових каналах, тепер їх дуже легко розрізнити. Прогнозування за допомогою цифрової бази даних

Традиційний процес прогнозування ґрунтується на використанні результатів чисельного прогнозу погоди. *Environment Canada* розробила експертну систему під назвою *SCRIBE*, здатну автоматично або в інтерактивному режимі генерувати широкий спектр погодних продуктів для регіону чи конкретної

32

місцевості. Концепція прогнозування у цифровій базі даних дає можливість задовольнити потребу у більш точних та детальних гідрометеорологічних прогнозах.

Система використовує дані із набору матриць, що містять різні кліматологічні типи погодних елементів, вихідні дані чисельного прогнозу, моделі статистичного керівництва. Тимчасовий дозвіл складає три години, випуск прогнозів здійснюється двічі на день. Результати відображаються у цифровому кодованому форматі та можуть відображатися у графічному інтерфейсі. Синоптики можуть змінювати висновок концепції, щоб включити до неї останні спостереження, а також погодний сценарій, що змінюється. Концепції використовують регіональні офіси для створення місцевих прогностичних продуктів.

Особливу увагу привертають динамічні 3D графіки погоди, що відображають шторми та інші атмосферні явища (див. рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Графік погоди

Використовуючи останні спостереження, радіолокаційні та супутникові дані та результати ПВП (числового прогнозування погоди), синоптики в інтерактивному режимі змінюють базу даних.

Текстові, табличні та графічні продукти прогнозів генеруються безпосередньо з бази даних за допомогою програмних засобів форматування та іншого програмного забезпечення, що визначається вихідними даними. Користувачі отримують доступ до інформації через програми, які можна налаштовувати та отримувати інформацію, адаптовану до конкретних потреб. Оскільки технології продовжують розвиватися, майже напевно з'являться додаткові досягнення в галузі погодних технологій як у діагностиці, так і прогнозуванні.

### 3.2 Сучасні технології визначення та передавання метеорологічної інформації в авіації

Передбачення погоди з наукової точки зору – одне з найскладніших завдань

фізики атмосфери. В даний час метеорологічні служби збирають інформацію про погоду різними способами. Наприклад, з цією метою використовуються повітряні кулі з вимірювальним обладнанням і наземні станції.

Існують різні методи для прогнозування метеорологічних явищ і їх величин, наприклад, синоптичні, кількісні, статистичні методи, але в повному об'ємі жоден метод не забезпечує поки що точного прогнозу.

Вихід з цієї ситуації потрібно шукати у застосуванні сучасних, досить широко поширених та відносно недорогих інформаційних технологій. Стосовно задач вимірювання метеорологічних параметрів, їх обробки та використання результатів як до чисто кліматологічних, так і для виключно прикладних господарських цілей, це означає застосування сучасних датчиків, контролерів, комп'ютерів та прикладного програмного забезпечення, яке реалізує алгоритми вимірювання, статистичну обробку та розрахуно погоди (див. рисунок 3.4).

34



Рисунок 3.4 – Інформаційні технології у метеорології

Рішення подібних задач пов'язано з необхідністю обробки великих обсягів даних

з залученням методів багатовимірного статистичного аналізу – завдання, яке повинне вирішуватися з використанням сучасних обчислювальних засобів і програмного забезпечення на основі оптимально структурованого архіву метеоданих.

При створенні інформаційних систем для аналізу та відображення метеоданих використовують основні математичні методи для прогнозування погоди: метод за місцевими ознаками, метод лінійної регресії, метод професора Броунова для прогнозування хмарності та опадів, температури, заморозків відповідно. Результати моделювання методів порівнюються з даними служб прогнозування.

В рамках таких систем здійснюється автоматичне поповнення метеобаз даними поточних спостережень шляхом підключення до системи первинної

35

обробки. Отриманий таким чином метеоархів в форматі бази даних інкапсулює всі функції сучасної клієнт-серверної системи. Однак використання електронної метеорологічної бази даних можливо тільки за умови, якщо дані, що в ній зберігаються мають достатній рівень якості, зокрема, містять незначну кількість грубих помилок і є однорідними.

Можливості сучасних інформаційних технологій дозволяють автоматизувати збір, обробку, зберігання та подання метеорологічної інформації на засобах відображення. Комплекс технічних засобів прийому даних забезпечує автоматичний прийом і обробку вхідних повідомлень з метеоданими, в результаті якої:

– метеоінформація, що надходить розділяється за типами повідомлень і піддається форматно-логічному контролю для виявлення помилок; – повідомлення перетворюються в вид, зручний для відображення, і записуються в базу метеоданих системи, яка систематично оновлюється по мірі надходження нових повідомлень.

Одним із перших кроків до запровадження інтегрованої в глобальному масштабі системи опрацювання метеоданих, на створення якої протягом останнього десятиліття спрямовані чималі зусилля, є перехід до обміну метеорологічною інформацією в цифровому форматі.

### 3.3 Сучасні технології передавання технологічної інформації на борт літака

Сучасні технології передачі інформації на борт літака включають супутниковий зв'язок (*ATG*), системи передачі даних *ACARS*, і *Wi-Fi* з використанням наземних або супутникових мереж. Також використовуються АЗН-В для обміну даними між літаками та наземними станціями, що підвищує безпеку польотів та обізнаність пілотів.

Докладніше:

Супутниковий зв'язок (*ATG*):

*ATG (Aircraft to Ground)* – це технологія, яка використовує супутники

36

передачі даних між літаком і наземними станціями. Вона дозволяє передавати дані як на борт літака, так і назад, забезпечуючи доступ до інформації про погоду, диспетчерські інструкції та інші дані, які важливі для пілотів та екіпажу. *ATG* система також може використовуватися для надання інтернету пасажиром на борту.

Система *ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System)*: *ACARS* – це система, яка дозволяє обмінюватися текстовими повідомленнями між літаками та наземними станціями. Вона використовується для передачі даних про стан літака, його місцезнаходження, а також для передачі інформації між екіпажем та наземним персоналом (див. рисунок 3.5).

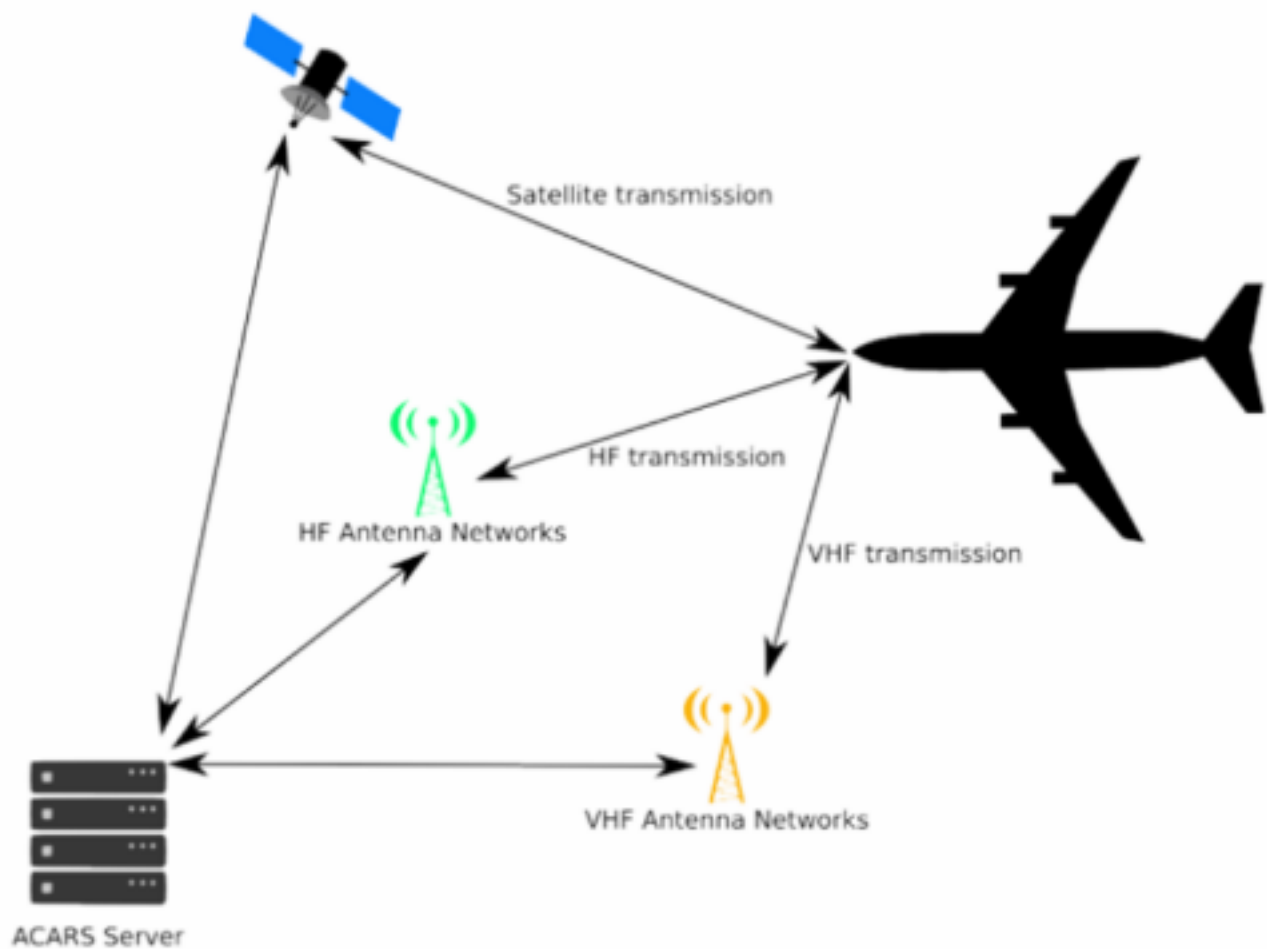


Рисунок 3.5 – Інформаційні технології у метеорології

Авіаційна галузь завжди відрізнялася консервативним підходом до будь яких інновацій. Від початку розробки нової фічі до її реалізації може легко пройти 10–15 років. Та й вартість проекту може бути значно вищою, ніж у будь-якій

37

іншій галузі. У таких умовах компанія, яка прагне стати першопрохідником, дуже ризикує: вклавши багато коштів, можна взагалі не отримати бажаного результату. Але іноді інновації — вимушений захід, який доводиться застосовувати, коли традиційні інструменти, що добре зарекомендували себе, перестають справлятися зі своєю роботою. Так трапилося і з *ACARS (Airborne Communications Addressing and Reporting System)*, цифровою системою зв'язку, що служить передачі простих текстових повідомлень між літаками і наземними станціями. У сьогоднішній статті коротко розповімо, як ця система працює, і їй потрібні кардинальні зміни.

Фактично *ACARS* - це живе нагадування про те, як у першій половині 18-го століття найкращі уми планети билися над винаходом виду зв'язку, що дозволяє миттєво передавати важливу інформацію на великі відстані. Ним став телеграф:

його можна було використовувати в будь-який час і за поганої погоди. Цей винахід знизив вартість доставки текстових повідомлень більш ніж у 30 разів і дав потужний імпульс для подальшого розвитку таких технологій.

Вже до початку 19-го століття завдяки зусиллям Гульєльмо Марконі та Олександра Попова людство набуло першої технології бездротового зв'язку. Крім традиційного телеграфу з'явилися пристрої, що дозволяють відправляти телеграми по радіоканалу радіотелетайп (*RTTY*). Через півстоліття телеграф став поступатися своїми позиціями комп'ютерам з більш сучасними способами зв'язку.

Але радіотелерайп не помер, а отримав друге життя у вигляді системи *ACARS*, яку почали впроваджувати на літаках цивільної авіації з 1978 року. Вона дозволяла приймати та відправляти короткі текстові повідомлення, використовуючи КВ- та УКХ-діапазони на швидкості 2400 бод. Як основна частота *ACARS* по всьому світу використовується частота 131.550 MHz. Сигнал має АМ-модуляцію і кодується двома тонами - 1200 Hz і 2400 Hz.

Авіакомпанії почали активно використовувати цю систему для швидкої доставки інформації на борт літака — наприклад, якщо потрібно було внести корективи в план польоту, то можна було його відправити прямо на борт повітряного судна, що летить, а пілоти отримали б його у вигляді тексту,

38

надрукованого на крихітному термопринтері літака. Так-так, *%USERNAME%*, в кокпіті пілотів є спеціально виділений принтер для цих цілей (див. рисунок 3.6).

### Рисунок 3.6 – Отримання інформації за допомогою системи ACARS

Зрозуміло, це не односторонній зв'язок, але можливості відповіді будуть дещо обмежені заздалегідь запрограмованими у *FMC (Flight Management Computer)* фразами. Зазвичай це варіанти на кшталт *ACCEPT* чи *REJECT*. Ще пілоти можуть запросити зміну курсу або ешелону у диспетчера та оперативно отримати відповідь, що дуже корисно в умовах високої завантаженості радіоефіру. Тут слід згадати, що *ACARS* ніколи не претендував на повну заміну голосового радіозв'язку, лише дозволяв доповнити її в деяких ситуаціях.

За *ACARS* можна надіслати будь-яке текстове повідомлення довжиною до 216 символів (див. рисунок 3.7).

### Рисунок 3.7 – Інформація системи ACARS

Якщо авіакомпанія підписана на *ETSM*, система моніторингу періодично записуватиме параметри польоту та відповідні дані про роботу двигунів. Аналіз допомагає виявити негативні тенденції до виникнення очевидних поломок. Це дає можливість заздалегідь планувати технічне обслуговування та замовлення запасних частин.

Не тільки двигуни здатні повідомляти про розширену інформацію. Навіть лампочка, що перегоріла, в туалеті буде включена в автоматичний звіт *ACARS*, її відправлять в ефір, не кажучи вже про більш серйозні події (див. рисунок 3.8).

### Рисунок 3.8 – Інформація системи ACARS

Літаки з кожним роком стають складнішими, на них встановлюється все більше систем, здатних генерувати службові дані та навантажувати систему надсилання

повідомлень *ACARS*. Зараз літаки генерують на 75% більше даних, ніж раніше, і цей обсяг лише зростатиме (див. рисунок 3.9). Що закономірно призводить до зростання витрат авіакомпаній на передачу повідомлень, і саме це стало каталізатором змін системи.

### Рисунок 3.9 – Інформація системи *ACARS*

До 2018 року перехід на більш сучасні системи зв'язку був складним сценарієм. Все змінив підхід Ілона Маска, який вирішив зробити супутниковий інтернет широкопосмуговим та дешевим. Зараз довкола нашої планети літає ~6 100 супутників, що дозволяють обмінюватися даними зі швидкістю близько 100 Мбіт/с. У порівнянні з крихітною пропускнуою здатністю інших систем, де доступна ширина каналу менше 1 Мбіт/с і за які потрібно платити по \$30 за хвилину, зв'язок через Starlink виглядає просто дивом технічного прогресу.

41

Озвучений вище факт змусив багато авіакомпаній замислитися, що можна непогано заощадити, якщо пересилати *ACARS*-повідомлення не радіоканалами, а через супутниковий зв'язок у вигляді *IP*-пакетів. Наразі вже розпочався процес поступового впровадження технології *AoIP* (*ACARS over IP*).

Стандартні повідомлення *ACARS 618* інкапсулюються в *IP*-пакети та передаються через інтернет до провайдера послуги, а далі до АТС та авіакомпаній. Для забезпечення безпеки в більшості випадків використовується *VPN*. Це одночасно дозволяє розвантажити традиційні канали зв'язку і впоратися з обсягом, що постійно зростає, генерованих літаками даних.

На сучасних літаках можна зустріти таку послугу як *Wi-Fi*. Багато авіакомпаній пропонують *Wi-Fi* на борту літака, використовуючи наземні або супутникові мережі. Пасажири можуть підключатися до мережі *Wi-Fi* за допомогою своїх пристроїв (смартфонів, планшетів, ноутбуків) та отримувати доступ до Інтернету (див. рисунок 3.10).

Рисунок 3.10 – Інтернет на борту літака

#### *АЗН-В (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast):*

*АЗН-В* – це система, яка дозволяє літакам передавати свої координати та інші дані всім, хто має відповідний приймач. Це дозволяє диспетчерам та іншим літакам бачити точне розташування повітряного судна та інші важливі дані, що підвищує безпеку польотів.

Інші технології:

Крім того, використовуються транспондери для ідентифікації літаків диспетчерськими службами, системи *TCAS* для уникнення зіткнень та інші технології, які забезпечують безпечну та ефективну роботу авіації. Висновок:

Сучасні технології передачі інформації на борт літака відіграють важливу роль у підвищенні безпеки та ефективності авіаперевезень, забезпечуючи екіпажу та пасажиром доступ до необхідної інформації та зв'язків.

43

## **РОЗДІЛ 4**

### **ПРОГРАМУВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ПОГОДНОГО МІНІМУМУ АЕРОПОРТУ ЗА КАТЕГОРІЯМИ ICAO**

#### **4.1 Загальна ідея побудови технічної системи автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту за категоріями ICAO**

Метеорологічний фактор є чи не найголовнішим у системі безпеки польотів цивільної авіації. У цьому контексті взагалі необхідно відмітити, що незважаючи на просто вражаючий прогрес у розвитку людської цивілізації та її перемогах на силами природи, людина все ще залишається дуже залежною, а в деяких випадках критично залежною від стихії природи, починаючи від банального прогнозу погоди на завтрашній день і закінчуючи різноманітними стихійними лихами. А в таких галузях діяльності людини як морський чи повітряний транспорт цей фактор має очевидне, своє особливе значення (див. рисунок 4.1).

#### Рисунок 4.1 – Метеорологічний фактор в авіації

44

Повертаючись до авіації потрібно наголосити, що виконання плану польотів, а у пасажирській авіації дотримання розкладу польотів, прямо та безпосередньо залежать від метеорологічного фактору. У зв'язку з цим вимоги до точності та своєчасності визначення метеорологічних умов аеропортів є надзвичайно високими. Відповідно надзвичайно актуальними є будь які розробки у цій області і у тому числі тема моєї роботи

Метеорологічний фактор є досить складним та широким поняттям. Відносно авіаційної галузі у плані безпечного виконання польотів його особлива актуальність зводиться до двох основних показників: боковій складовій вектору вітру та дальності видимості атмосфери. Саме проблемі визначення останнього метеорологічного показника присвячена моя робота.

Перш ніж перейти безпосередньо до технічної ідеї проекту необхідно прокоментувати категорії погодних мінімумів про які йдеться у темі моєї роботи. Міжнародна організація цивільної авіації ІСАО встановлює чотири категорії погодних мінімумів аеропорту, для літаків, що планують здійснити посадку у цьому аеропорту (див. рисунок 4.2).

#### Рисунок 4.2 – Категорії погодних мінімумів ICAO

45

Всі ці категорії класифікуються за одним показником – дальністю атмосферної видимості, тобто мінімальною відстанню з якої чітко видно наземні орієнтири. А саме – контури та позначення злітно-посадкової смуги. Отже за цією відстанню ICAO встановлює чотири категорії:

- Категорія I, що передбачає мінімальну дальність видимості не менше 800м, або у північноамериканській системі вимірювання 2400 футів;
- Категорія II, що передбачає мінімальну дальність видимості не менше 350м, або у північноамериканській системі вимірювання 1200 футів;
- Категорія IIIA, що передбачає мінімальну дальність видимості не менше 200м, або у північноамериканській системі вимірювання 700 футів;
- Категорія IIIB, що передбачає мінімальну дальність видимості не менше 50м, або у північноамериканській системі вимірювання 150 футів.

Відповідно до цих категорій класифікується обладнання аеропорту, що забезпечує інструментальний захід літаків на посадку, обладнання самого літака що вирішує дану задачу та підготовку екіпажу літака здатного забезпечити безпечну посадку за погодними умовами відповідної категорії.

Така класифікація дозволяє визначити в цілому чи може конкретний

літак(категорія обладнання літака), який пілотує конкретний екіпаж(категорія метеомінімуму екіпажа) може здійснити безпечну посадку у конкретному, даному аеропорту(категорія обладнання аеропорту).

Таким чином мета моєї роботи є у наступному:

- Проаналізувати проблему своєчасного визначення метеорологічних умов для польотів літаків у районі аеропорту;
- Запропонувати власну ідею технічної системи для автоматичного визначення метеорологічних умов для зльоту та посадки літаків у районі аеропорту та їх відповідність стандартам *ICAO*;
- Розробити систему автоматичного визначення метеорологічних умов для зльоту та посадки літаків у районі аеропорту.
- Розробити програму роботи системи автоматичного визначення метеорологічних умов у районі аеропорту.

46

#### **4.2 Технічна система автоматичного визначення погодного мінімуму аеропорту та її програмування**

Принцип визначення метеорологічних умов, а саме, дальності видимості атмосфери в районі злітно-посадкової смуги аеропорту показаний на схемі рисунку 4.3. Дальність видимості визначається за допомогою наступної системи. Зі сторони початку злітно-посадкової смуги встановлюється датчик лазерного променя, тобто променю світла. На встановлених відстанях від нього, а саме на відстанях стандартів категорій *ICAO* відповідно 50 м., 200м, 350м і 800м встановлюються приймачі лазерного променя. Залежно від прозорості атмосфери, або на практиці густини туману світло досягає відповідного приймача променя і він спрацьовує і видає електричний сигнал. На практиці це може біти звичайний фото резистор. Таким чином залежно від того якого фото резистора досягне промінь лазера ми можемо визначити прозорість атмосфери, або практично необхідної нам дальності видимості у районі злітно-посадкової смуги аеропорту. Якщо ще точніше та більш технічно, то залежно від того від яких і скільком датчиків ми отримали сигнали спрацювання.

### Рисунок 4.3 – Принцип визначення дальності видимості в районі ЗПС

47

Структура та принцип роботи технічної системи автоматичного визначення метеорологічних умов у районі аеропорту показана на цьому слайді. Технічну систему складають датчик лазерного променя та система приймачів світла – фото резисторів, що вже розглянута вище. Далі інформація від приймачів подається на цифровий програмований пристрій, що обробляє цю інформацію за розробленою програмою і на її основі моментально визначає якій з категорій *ICAO* відповідає дальність видимості атмосфери в районі злітно-посадкової смуги аеропорту. Ця інформація зі вже чітко визначеними технологічними показниками подається в службу керування повітряним рухом в районі аеропорту для її технологічного оперування та використання (див. рисунок 4.4).

#### Рисунок 4.4 – Використання метеорологічної інформації в авіації

Крім швидкого визначення технологічних параметрів атмосфери та їх стандартів відносно вимог *ICAO* ще однією та особливою цінністю інформації такої системи є її можливість автоматичного, в режимі реального часу передавання на борт літака безпосередньо його екіпажу.

48

Останній аспект залежить від офіційного затвердження процедури відповідною компетентною авіаційною адміністрацією, моя справа запропонувати їх свої послуги.

Для демонстрації технічного принципу моєї ідея я спроектував технічну модель імітатор запропонованої системи. Її функціональна схема показана на рисунку 4.5.

#### Рисунок 4.5 – Принцип роботи моделі-імітатора системи

Тут як і у реальній технічній системі є датчик лазерного променя та його приймач фото резистор. Для імітації прозорості атмосфери, або густини туману я використав звичайні поліетиленові пакетики, які у певній мірі затримують світло лазерного променя. За допомогою них я можу імітувати густину туману. Через те, що нам потрібно визначити чотири категорії видимості я використовую чотири пакети. Коли я вставляю пакетик на шляху лазерного променя я зменшую прозорість атмосфери і фото резистор зменшує свій вихідний сигнал, який цифровий пристрій інтерпретує у відповідну відстань видимості.

49

Монтажна схема моделі-імітатора системи визначення погодних мінімумів за категоріями ІСАО показана на рисунку 4.6.

#### Рисунок 4.6 – Монтажна схема моделі-імітатора системи

Далі я я продемонструю вам реальну роботу моєї системи. Отже коли на шляху лазерного променю не встановлено жодного пакетика, що імітують прозорість атмосфери на панелі системи світяться всі чотири зелені світлодіоди, сигналізуючи інформацію про те, що аеропорт є відкритим за всіма чотирьома категоріями *ICAO* (див. рисунок 4.7).

#### Рисунок 4.7 – Сигналізація системи про повну відкритість аеропорту

50

Якщо на шляху лазерного променю встановити один пакетик, що таким чином імітує зменшення прозорості атмосфери наприклад, внаслідок туману, то на панелі системи погасне верхній світлодіод, сигналізуючи інформацію про те, що

аеропорт є закритим для літаків, обладнання та екіпажі яких не підготовлені для посадки за нижче відкритими категоріями *ICAO* (див. рисунок 4.8).

Рисунок 4.8 – Сигналізація про закриття аеропорту для посадки літаків за метеомінімумом I категорії *ICAO*.

На цьому рисунку показано один встановлений на шляху лазерного променя пакетик, що таким чином імітує дію туману в районі злітно-посадкової смуги аеропорту. Внаслідок цього світлодіод, що підсвічує транспарант «Категорія I: ВПР = 60(200 Ft)м. ДВ = 800м(2400Ft)» не світиться. Це є інформацією про те, що аеропорт є закритим для посадки літаків за I категорією *ICAO*.

Якщо на шляху лазерного променя встановити два пакетики, зменшуючи, таким чином прозорість атмосфери, або збільшуючи густину туману, то на панелі

51

системи погаснуть два верхні світлодіоди, сигналізуючи інформацію про те, що аеропорт є закритим для літаків, обладнання та екіпажі яких не підготовлені для посадки за нижчими відкритими категоріями *ICAO* (див. рисунок 4.9).

Рисунок 4.9 – Сигналізація про закриття аеропорту для посадки літаків за метеомінімумами I і II категорій *ICAO*.

Відповідно, якщо вставляти пакети і далі, імітуючи таким чином погіршення метеорологічних умов в районі аеропорту, то закриття категорій метеомінімумів *ICAO* буде відбуватися і далі.

Нарешті після вставляння четвертого пакетика прозорість атмосфери буде меншою ніж це передбачено найнижчою

52

Програмування роботи системи.

Програмування відбувалося за допомогою популярної нині мови високого рівня C++. Ця мова досить добре узгоджується та добре підтримує програмні середовища

таких мікроконтролерів як *Arduino NANO*, а також інших мікроконтролерів такого класу.

Через достатню об'ємність коду програми він приводиться у Додатку А пояснювальної записки.

### 4.3 Вартість реальної моделі проекту

Імітаційна міні-модель реальної технічної системи з визначення погодних метеорологічних умов в районі аеропорту, а точніше в районі його злітно посадкової смуги виготовлена у виді, що показаний на рисунку 4.7. Для виготовлення імітаційної міні-моделі закуповувалися та використовувалися наступні її технічні елементи: лазерний випромінювач за ціною 10.0 грн., мікроконтролер *Arduino UNO* за ціною 190.0 грн., фоторезистор *GL5516* за ціною 3.5 грн., світлодіоди 5мм (4 шт.) за ціною 12.0 грн., резистори(4 шт.), провід і плата за ціною 150.0 грн., декоративне оформлення 70.0 грн. Всього: - 435.5 грн.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто проблему отримання об'єктивної та оперативної інформації про метеорологічні дані в районі аеропорту та конкретно в районі його злітно-посадкової смуги. Ця інформація та її оперативне використання безпосереднім чином впливає на безпеку польотів літаків всіх видів і типів незалежно від їх відомчої належності.

Більш конкретно у роботі виконано наступне:

- Проаналізовано проблему своєчасного визначення метеорологічних умов для польотів літаків у районі аеропорту;
- Запропоновано власну ідею технічної системи для автоматичного визначення метеорологічних умов для зльоту та посадки літаків у районі аеропорту за відповідними стандартами *ICAO*;

- Розроблено систему автоматичного визначення метеорологічних умов для зльоту та посадки літаків у районі аеропорту на основі сучасних цифрових та інформаційних технологій.

54

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Історія України / Керівник авт. Ю. Зайцев. Перегляд. 2-ге зі змінами. //— Львів: Світ, 1998. – з 207 –212.
2. 1.Болілій В.О., Копотій В.В. Вікі-портал як складова відкритого освітнього середовища сучасного університету [Електронний ресурс] // Відкрите освітнє е середовище сучасного. Вип. 1, 2015. С.1-14. Режим доступу:
3. М. Ст. Момот. Мобільні роботи на базі Arduino: 2-ге видання "Видавнича група ВНУ", БХВ-Петербург, 2018. - 336 с.
4. Савін Ст. 3. "Авіація в Україні. Нариси, історії", - Х.: Основа, 1995. 5. Блум Джеремі. Вивчаємо Arduino: інструменти та методи технічного чаклунства: Пер. з англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 336 с.
6. Оксана КІРИК "Ан-70 судилося літати" – Українська Інвестиційна газета; 1999р.
7. Віктор Беляєв "Громадянська авіація на рубежі століть: магістральні літаки" - журнал "Авіація та час"; 2000 нар.
8. Котляр М., Кульчицький С.І. Дорогами віків: Довідник з історії України// - К.: Україна, 1993 - з 118-119.
9. Андрій Совенко "Ан-7Х та А400М: суперництво триває" – журнал "Авіація та час"; 2001р.
10. Ростислав Мараєв "Крок вперед, два на місці (Серійне виробництво авіатехніки в Україні сьогодні) – журнал "Авіація та час"; 2001р. 11. Носенко Т. И. Інформаційні технології навчання. Навчальні посібник.. Київ 2011р.
12. Горяшко А. М. Цивільна авіація України: науково-популярна література / За ред. А. Ф. Аксьонова.
13. Віктор Беляєв "Громадянська авіація на рубежі століть: магістральні літаки" - журнал "Авіація та час"; 2000 нар.

14. Гусєв Б. К. Основи авіації: посібник для середовищ.

55

15. Шишкін Ж. К. Портрет авіації ХХ століття: Короткий довідник. - М.: 2001. - 406 с.

16. О.І.Шепотьєв, В.В.Щепетов. Надійність авіаційної наземної техніки. К. «НАУ-друк», 2009р., -320 с.

56

*Додаток А Код програми.*

```
int light = 0;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(2,OUTPUT);
```

```
  pinMode(3,OUTPUT);
```

```
  pinMode(4,OUTPUT);
```

```
  pinMode(5,OUTPUT);
```

```
  digitalWrite(5,HIGH);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  Serial.println(analogRead(4));
```

```
  light = analogRead(4);
```

```
if(light >1000 && light < 1008){  
digitalWrite(2,HIGH);  
digitalWrite(3,HIGH);  
digitalWrite(4,HIGH);  
}else if(light >990 && light < 999){  
digitalWrite(2,LOW);  
digitalWrite(3,HIGH);  
digitalWrite(4,HIGH);  
  
}else if(light >960 && light < 980){  
digitalWrite(2,LOW);  
digitalWrite(3,LOW);  
digitalWrite(4,HIGH);  
}else if(light >870 && light < 920){  
  
digitalWrite(2,LOW);  
digitalWrite(3,LOW);  
digitalWrite(4,LOW);  
}  
}
```

**РЕЦЕНЗІЯ**  
на кваліфікаційну роботу

випускника спеціальності: 123 Комп'ютерна інженерія

відділення: комп'ютерної та програмної інженерії

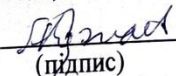
циклова комісія: комп'ютерних систем та мереж

Антон НАВОЛОКІН

(ім'я, прізвище)

- 1. Актуальність теми: Обрана тема кваліфікаційної роботи «Програмування технічної системи автоматичного визначення погодового мінімуму аеропорту за категоріями ICAO» є актуальною.*
- 2. Кваліфікаційна робота відповідає темі, затвердженій наказом.*
- 3. Завдання на виконання дипломної роботи виконано в повному обсязі.*
- 4. У Кваліфікаційній роботі виконано аналіз розвитку технологій визначення метеорологічних умов в загальних випадках та в районі злітно-посадкових смуг аеропортів в часткових випадках. Розроблено власний проект імітаційної міні моделі технічної системи автоматичного визначення погодового мінімуму аеропорту за категоріями ICAO.*
- 5. Якість виконання пояснювальної записки та ілюстративного (графічного) матеріалу відповідає вимогам Державних стандартів.*
- 6. Кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре».*

Рецензент викладач вищої категорії  
(науковий ступінь, посада)

«    »      2025 р.   
(підпис)

Андрій КОЖАСВ  
(ім'я, прізвище)

З рецензією ознайомлений   
(підпис)

Антон НАВОЛОКІН  
(ім'я, прізвище)