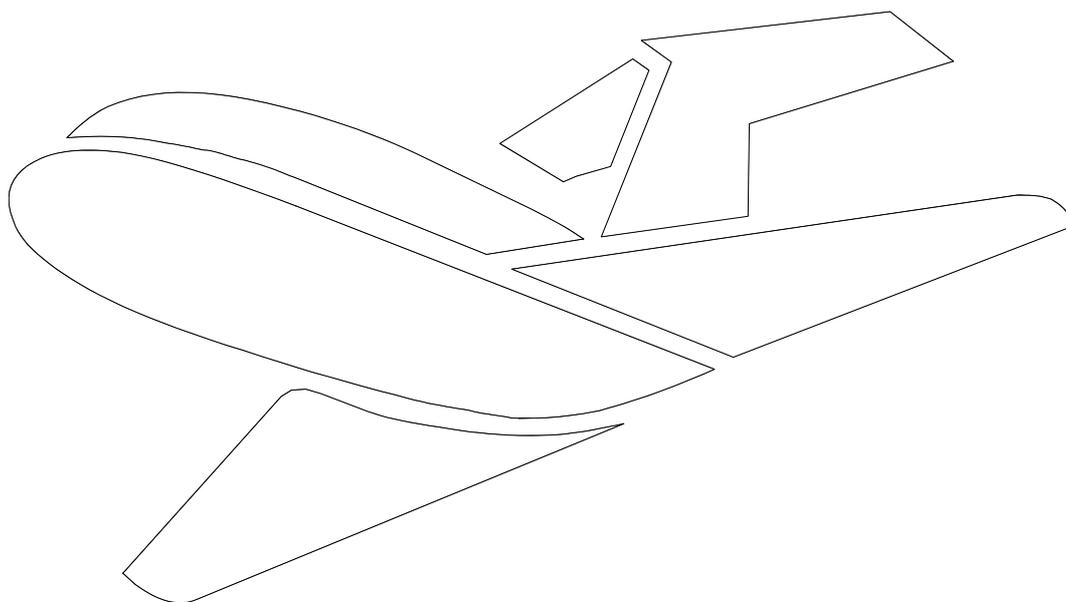


Г.П. Івус, Г.О. Боровська

**ПРАКТИКУМ
З АВІАЦІЙНОЇ МЕТЕОРОЛОГІЇ**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Г.П. ІВУС, Г.О. БОРОВСЬКА

ПРАКТИКУМ
З АВІАЦІЙНОЇ МЕТЕОРОЛОГІЇ

Навчальний посібник

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів

ББК 39.57

I 17

УДК 551.509:656.7

Гриф надано Міністерством освіти і науки України (лист № _____ від _____ р.).

Рецензенти:

д. ф.-м. н., проф. Г.М.Пірнач

д. геогр.н., проф. С.І.Сніжко

к. геогр. н., доц. Г.В.Ляшенко

Івус Г.П., Боровська Г.О.

I 17 Практикум з авіаційної метеорології: Навчальний посібник. – Одеса: Вид-во «Екологія», 2006. – 217 с.

ISBN

В Практикум поміщені лабораторні роботи з усіх розділів авіаційної метеорології. Найбільша увага приділяється питанням, які пов'язані з набуттям студентами практичних навиків метеорологічного забезпечення авіації. Практикум забезпечує проведення лабораторних занять з розділів курсів «Вступ до авіаційної метеорології» та «Авіаційна метеорологія». До кожної лабораторної роботи наведені вступні положення, сформульовані задачі роботи, надані методичні вказівки щодо виконання завдань.

Практикум призначений як навчальний посібник для студентів гідрометеорологічних інститутів, університетів, курсантів авіаційних училищ, слухачів військових академій, слухачів курсів та факультетів підвищення кваліфікації та інших навчальних закладів, а також для інженерів-синоптиків.

Laboratory works from all the section of aviation meteorology are in the Manual. The most attention is paid to the questions with acquisition by the students of practical skill on meteorological providing of aviation. The Manual provides carrying out laboratory works from all section of the courses "Introduction to Aviation Meteorology". Introduction statements, the tasks, methodical instructions are given before every laboratory work.

The Manual is intended for the students of hydrometeorological universities, higher aviation schools, military academies, courses and faculties of improvement of professional skills and other educational establishments and for engineers-synoptics as well.

ББК 39.57

ISBN

© Одеський державний
екологічний університет, 2006

Зміст

Передмова.....	4
Скорочення.....	6
Метеорологічне забезпечення цивільної авіації.....	7
Лабораторна робота 1	Метеорологічні спостереження та зведення..... 11
Лабораторна робота 2	Попередження по аеродрому, за маршрутом польоту та по районах польотів..... 19
Лабораторна робота 3	Авіаційні прогнози погоди..... 27
Лабораторна робота 4	Використання аерологічної діаграми та вертикального розрізу атмосфери для аналізу умов погоди при метеорологічному забезпеченні авіації..... 41
Лабораторна робота 5	Використання радіолокаційної метеорологічної інформації при обслуговуванні авіації..... 56
Лабораторна робота 6	Основи авіаційної орнітології..... 69
	<i>Вплив фізичних характеристик стану атмосфери на політ літака..... 74</i>
	...
Лабораторна робота 7	Стандартна атмосфера..... 74
Лабораторна робота 8	Вплив вітру на політ літака..... 95
Лабораторна робота 9	Діагноз і прогноз струминних течій..... 113
Лабораторна робота 10	Діагноз і прогноз атмосферної турбулентності, яка викликає бовтанку літаків..... 121
Лабораторна робота 11	Діагноз і прогноз обледеніння..... 131
Лабораторна робота 12	Прогноз небезпечних для авіації явищ, які обумовлені конвекцією..... 144
Лабораторна робота 13	Вплив низької хмарності на політ літаків..... 156
Лабораторна робота 14	Діагноз і прогноз туманів..... 170
Лабораторна робота 15	Прогноз видимості..... 189
Лабораторна робота 16	Прогноз зон можливого ураження літаків електричними розрядами в шаруватих хмарах і опадах..... 196
Додатки.....	207
Предметний покажчик.....	217

Передмова

«Практикум з авіаційної метеорології», що рекомендується, призначений для лабораторних занять з дисциплін «Авіаційна метеорологія» та «Вступ до авіаційної метеорології». За своїм змістом та багатьма методичними вказівками він являє собою новий навчальний посібник, який суттєво відрізняється від раніше виданого (Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1987). Досвід, накопичений авторами за багаторічну оперативну і викладацьку роботу, був використаний при підготовці рукопису.

Мета практикуму — освоєння теоретичних розділів курсів «Вступ до авіаційної метеорології» та «Авіаційна метеорологія» і набуття практичних навиків метеорологічного забезпечення польотів повітряних суден.

Практикум підготовлений у повній відповідності із затвердженою програмою дисциплін «Авіаційна метеорологія» та «Вступ до авіаційної метеорології» для вищих навчальних закладів із використанням останніх досягнень метеорологічної науки і практики метеорологічного забезпечення польотів. Слід вважати, що в недалекому майбутньому мережа аеродромів міжнародних, національних і місцевих авіаліній не тільки не буде скорочуватись, а навпаки, поширюватись і, як наслідок, буде зростати потреба в спеціалістах-метеорологах, які обслуговують авіацію.

У зв'язку з останнім, вважаємо, що підготовці синоптиків для АМЦ та АМСЦ необхідно надати пріоритетний статус.

Практикум містить 16 лабораторних робіт, що згруповані в 2 частини: «Метеорологічне забезпечення цивільної авіації» - роботи 1...6 та «Вплив фізичних характеристик стану атмосфери на політ літака» - роботи 7...16. При цьому врахована методична доцільність ускладнення завдань. Частина матеріалів і орнітологічний код винесені в додатки.

Кожна лабораторна робота містить в собі ряд завдань, в яких указується, що необхідно виконати, який матеріал (картографічний чи довідниковий) слід використати, як виконати завдання, на що звернути увагу, а також як скласти звітний матеріал для контролю засвоєння змісту завдання.

В текстовій частині дано коротке викладення теоретичних питань, наводяться формули, табличні дані, рекомендована література та інші матеріали, необхідні для виконання лабораторних робіт.

Лабораторний практикум розрахований на студентів-метеорологів гідрометеорологічного інституту, університетів, але може бути використаний і студентами інших навчальних закладів, де курс авіаційної метеорології викладається в меншому об'ємі.

Лабораторні роботи можуть бути також використані для проведення занять зі слухачами факультету підвищення кваліфікації.

Передмова «Практикуму» написана Г.П.Івус; лабораторні роботи (Л.Р.) 7, 8, пов'язані із впливом вітру на зліт, посадку і роботу авіації, виконані Івус Г.П. сумісно з к. геогр. н. Семергей-Чумаченко А.Б. та ас. Агайар Е.В.; Л.Р. 5, 13, 14, 15 – Івус Г.П. та Боровською Г.О.; матеріал для Л.Р. 1, 2, 3 підібраний Москаленко Л.М., Нажмудіною О.М., а для Л.Р. 4, 5 – Боровською Г.О.

Комп'ютерну верстку виконано інженером Гурською Л.М. та к.геогр.н., доц. Боровською Г.О.

Технічне редагування та оформлення рукопису здійснено інженером Гурською Л.М. і к.геогр.н. Семергей-Чумаченко А.Б.

Загальне керівництво роботою та написання тексту більшості лабораторних робіт виконано завідуючою кафедрою теоретичної метеорології та метеорологічних прогнозів Івус Г.П.

Автори висловлюють подяку викладачам і співробітникам кафедри теоретичної метеорології та метпрогнозів ОДЕКУ за допомогу в підготовці рукопису до видання.

Глибока вдячність рецензентам д.ф.-м.н., проф. Пірнач Г.М., д.геогр.н., проф Сніжко С.І., к.геогр.н., доц. Ляшенко Г.В. за ряд корисних практичних порад, що сприяли покращенню рукопису.

Автори висловлюють також щиру подяку к.геогр.н. С.М. Івановій, яка взяла на себе роботу по редагуванню першого варіанта практикуму українською мовою.

Автори розуміють, що новий навчальний посібник не позбавлений недоліків, вказівки на які вони сприймуть із вдячністю.

СКОРОЧЕННЯ

АМСЦ	– авіаційна метеорологічна станція (цивільна);
АМЦ	– авіаційний метеорологічний центр;
БПРМ	– ближній привідний радіомаркер;
ВМО	– Всесвітня Метеорологічна Організація;
ВПР	– висота прийняття рішення;
РЦЗП	– регіональний центр зональних прогнозів;
ЗПС	– злітно-посадкова смуга;
ІКАО	– Міжнародна організація цивільної авіації (від англ. International Civil Aviation Organization);
КПР	– керування повітряним рухом;
МДВ	– метеорологічна дальність видимості;
МПЛ	– місцеві повітряні лінії;
ОМС	– орган метеорологічного стеження;
ПВП	– політ за правилами візуального пілотування;
ППП	– політ за правилами пілотування по приладах;
РДЦ	– районний диспетчерський центр;
СА	– стандартна атмосфера;
СТ	– струминні течії;
СР	– служба руху;
AIRMET	- інформація про фактичне або очікуване виникнення визначених явищ погоди за маршрутом польоту, які можуть вплинути на безпеку польотів ПС на низьких висотах;
GAMET	- зональний прогноз, що складається у вигляді відкритого тексту для польотів на низьких висотах для району польотної інформації;
METAR	- регулярне авіаційне метеорологічне зведення про погоду на аеродромі в кодовій формі ВМО;
MET REPORT	- місцеве регулярне авіаційне метеорологічне зведення про погоду на аеродромі в кодовій формі ВМО, яке призначене для розповсюдження тільки на аеродромі складання зведення;
SIGMET	- інформація про фактичне або очікуване виникнення визначених явищ погоди за маршрутом польоту, що можуть вплинути на безпеку польотів повітряних суден;
SPECI	- спеціальне авіаційне метеорологічне зведення про погоду на аеродромі в кодовій формі ВМО;
TAF	- прогноз погоди для аеродрому в кодовій формі ВМО;
UTC	- всесвітній скоординований час (від англ. universal time coordinated).

МЕТЕОРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Жоден політ літака або вертольоту не може бути виконаний без вивчення та урахування метеорологічних умов на аеродромі вильоту, за маршрутом польоту, в пункті призначення (посадки) та на запасних аеродромах. Таким чином, метеорологічне забезпечення польотів полягає у своєчасному доведенні до відома командного та льотного складу, працівників служби руху та інших посадових осіб цивільної авіації метеорологічної інформації, яка необхідна для виконання їх обов'язків. Метеорологічна інформація повинна містити, в першу чергу, відомості про фактичну погоду на аеродромі вильоту, на повітряній трасі, на аеродромі посадки, на запасних аеродромах, тощо.

Інформація про фактичну погоду повинна бути своєчасною, досить повною та точною. Виконання цих вимог дозволяє оцінити метеорологічні умови, в яких відбувається політ та відповідність їх щодо припустимих умов.

Для метеорологічного забезпечення польотів також необхідна інформація про майбутню погоду. Прогностична інформація повинна ґрунтуватися на теоретичних та експериментальних дослідженнях, які характеризують мінливість метеорологічних величин та явищ, технічні можливості їх вимірювання та спостереження, похибки вимірювання, виявлення та розпізнавання явищ погоди, їх передбачення, термін придатності інформації, вплив метеорологічних факторів на безпеку, регулярність та економічність польотів.

Основні положення метеорологічного забезпечення авіації сформульовані в «Наставленні по производству полетов гражданской авиации СССР» (НПП ГА); «Положении о метеорологическом обеспечении гражданской авиации»; «Наставлении по метеорологическому обеспечению гражданской авиации» (НМО ГА).

Особливості метеорологічного забезпечення польотів

Екіпажі повітряних суден напередодні вильоту та під час польоту забезпечуються метеорологічною інформацією, яка відповідає терміну, висоті та географічній протяжності маршруту (району) польоту. Забезпечення метеорологічною інформацією відбувається відповідно до добових планів польотів і містить:

- запланований час вильоту;
- запланований час прибуття на аеродром призначення;
- маршрут польоту, час прибуття на проміжний аеродром та вильоту з нього;
- запасні аеродроми;
- ешелон або висоту польоту;
- тип літака (політ за правилами візуального пілотування (ПВП), або політ за правилами пілотування по приладах (ППП)).

Метеорологічна інформація, призначена для забезпечення екіпажів літаків напередодні вильоту, повинна містити в собі:

- фактичні та прогностичні відомості про вітер і температуру повітря на висотах, особливі явища погоди, видимість та хмарність (для польотів за ПВП) за маршрутом польоту;
- метеорологічні зведення та прогнози на аеродромах вильоту, посадки і запасних;
- попередження за маршрутом польоту і донесення з борту іншого літака.

В залежності від виду та тривалості польоту метеорологічна інформація екіпажам надається у вигляді документації і/або в усній формі; ця ж інформація міститься на стендах, де відбувається передпольотна штурманська та метеорологічна підготовка екіпажу.

В формі усної консультації екіпажу повідомляється:

- коротка характеристика атмосферних процесів;
- прогноз небезпечних явищ (гроза, град, смерч, зливові опади, тумани, ожеледь, сильний зсув вітру) за маршрутом (районом) польоту;
- інформація про розподіл вітру та температури з висотою;
- положення ізотерми 0 °С, відхилення температури повітря на ешелоні більш ніж на 5 °С відносно стандартної атмосфери;
- фактичний та очікуваний стан погоди на аеродромах вильоту, посадки та запасних.

При польотах за ПВП використовують інформацію до рівня 700 гПа, особлива увага приділяється умовам утворення опадів, туманів та інших явищ, що викликають зниження видимості до значень менших за 10 км, появу хмар, тенденцію змін атмосферного тиску за маршрутом і його мінімальні значення.

Консультація триває 4...5 хв при простих метеорологічних умовах, при складних - 6...7 хв.

При польотах *тривалістю до 2 год* документація екіпажам не видається, вони отримують лише усну консультацію.

При польотах *тривалістю від 2 до 5 год* екіпажам крім усної консультації видаються: бланк АВ-11 (Додаток А), в якому надано прогнози погоди на аеродромах вильоту, посадки та запасних на термін до 30 хв більший за час польоту; бланк «Бортова погода» для заповнення екіпажем.

При польотах *тривалістю понад 5 год* крім усної консультації екіпажі отримують:

- бланк АВ-11;
- бланк «Бортова погода»;
- прогноз особливих явищ погоди;
- авіаційні прогностичні карти погоди (АКП);
- прогноз вітру та температури повітря на висотах.

Якщо аеродромний метеорологічний орган не має можливості забезпечити прогностичними картами, то екіпажі отримують бланк АВ-5

для польотів за ПВП на короткі відстані на висотах до 700 гПа (Додаток Б) або АВ-5а - для польотів за ППП вище 3000 м (Додаток В).

На борт надзвукових транспортних літаків напередодні вильоту вручаються:

- прогностичні карти АТ-100 гПа та АТ-700 гПа з визначенням зон помірної та сильної бовтанки, обледеніння, висот верхньої межі купчасто-дошової хмарності, температури повітря та її відхилення від стандартної;
- прогностичний вертикальний розріз атмосфери від поверхні землі до висоти 16000 м;
- бланк АВ-11.

Копії комплектів документації, яка видається екіпажу, зберігаються протягом 30 днів. Ця інформація надається в випадках розслідування авіаційних інцидентів.

Метеорологічне забезпечення польотів АМСГ ІV розряду. На авіаційних метеорологічних станціях ІV розряду відсутня синоптична група, тому прогнози погоди по своєму аеродрому вони отримують від закріплених за ними АМСГ більш високих розрядів і використовують їх для консультації льотного та диспетчерського складу.

Прогнози погоди складаються в наступній послідовності: маршрут (район) польоту; час дії прогнозу; характеристика синоптичної ситуації; прогноз вітру, видимості, явищ погоди, хмарності, обледеніння, турбулентності, верхньої межі хмар, мінімального тиску по маршруту польоту або висоти найближчої ізобаричної поверхні в районі максимального перевищення в гірській місцевості.

Метеорологічне забезпечення міжнародних польотів. При виконанні міжнародних польотів незалежно від тривалості рейсу екіпаж отримує:

- авіаційну прогностичну карту особливих явищ погоди;
- карту баричної топографії або прогноз вітру і температури на рівні польоту;
- бланк з текстовими прогнозами погоди по аеродрому посадки і запасних аеродромах.

Крім того, екіпаж ПС отримує усну консультацію на російській або англійській мові.

Метеорологічне забезпечення органів керування повітряним рухом (КПР). В цілях забезпечення безпеки польотів і якісного КПР перед заступанням чергової зміни проводиться інструктаж, під час якого заслуховується доповідь інженера-синоптика. В доповідь включається наступна інформація: фактична погода по району (аеродрому), прогноз синоптичної ситуації і прогноз погоди по району (аеродрому). Особлива увага в доповіді приділяється аналізу можливостей виникнення небезпечних для авіації явищ погоди.

Зміст прогнозу погоди при забезпеченні органів КПР аналогічний змісту прогнозів при забезпеченні льотного складу.

Інша метеорологічна інформація доводиться до органів КПР в текстовому або картографічному вигляді у відповідності з вимогами «НМО ГА».

Для детального вивчення питань метеорологічного забезпечення польотів і органів КПР слід звертатися до діючих документів, що регламентують діяльність цивільної авіації.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ЗВЕДЕННЯ

Мета роботи: ознайомитися з обсягом спостережень на аеродромах цивільної авіації, придбати навички в складанні та кодуванні телеграм авіапогоди.

Для метеорологічного забезпечення польотів між аеродромами вильоту, посадки та запасними відбувається обмін метеорологічною інформацією. Порядок проведення спостережень за погодою та розповсюдження метеорологічної інформації визначається «НМО ГА». Система збирання та розповсюдження метеорологічної інформації дає можливість оперативним підрозділам одержувати необхідні відомості про фактичну погоду за районами польотів, за повітряними трасами та інформацію про небезпечні явища погоди.

Аеродромні метеорологічні органи забезпечують проведення регулярних спеціальних спостережень за станом погоди на аеродромі.

Регулярні спостереження проводяться через фіксований проміжок часу:

- під час польотів - через 30 хв, в строк 00 і 30 хв кожної год;
- при відсутності польотів - через 1 год, в строк 00 хв кожної год.

В аеропортах з нецілодобовою роботою за погодою спостерігають лише в період польотів. Але спостереження повинні починатися за 2 год до початку польотів і проводитися на протязі всього періоду польотів, а також у випадках, коли аеродром буває запасним.

Повідомлення про результати спостережень мають вигляд регулярних метеозводів, які складаються у форматі коду METAR і містять таку інформацію: показчик типу зводу, індекс аеродрому, строк спостереження, напрям і швидкість вітру біля поверхні землі, метеорологічна видимість, дальність видимості на злітно-посадковій смузі (ЗПС), при необхідності, явища погоди, кількість та висота нижньої межі хмар, температура повітря і точка роси, атмосферний тиск на рівні старту ЗПС, стан ЗПС, прогноз на посадку (відомості про очікувані метеорологічні умови на період до 2 год з моменту, на який складено звід).

METAR – регулярний кодований звід, що складається в строки 00 та 30 хв кожної год з осередненням параметрів вітру, дальності видимості на ЗПС (RVR) за 10 хв, температури, тиску, висоти хмар, метеорологічної дальності видимості – на момент спостережень; поширюється за межі аеродрому;

MET REPORT – регулярний звід, що складається на англійській мові відкритим текстом із скороченнями, містить додаткову інформацію про погоду, з осередненням параметрів вітру за 2 хв, видимості на ЗПС (RVR) за 1 хв, інших елементів – на момент спостережень; поширюється на аеродромі в строки 00 та 30 хв кожної год.

Спеціальні спостереження проводять в доповнення до регулярних при погіршенні або при поліпшенні умов погоди на аеродромі, коли один або кілька метеорологічних елементів змінюються відповідно критеріям, встановленим органом керування повітряним рухом (КПР) з урахуванням робочих посадкових мінімумів аеродрому.

SPECI – спеціальний кодований звіт про зміни погоди і перехід через граничні (критичні) величини між строками 00 та 30 хв кожної год, з осередненням елементів за правилами METAR; поширюється на аеродромі та за його межами;

SPECIAL – спеціальний звіт на англійській мові відкритим текстом із скороченнями, з додатковою інформацією про зміни погоди і перехід через граничні (критичні) величини між строками 00 та 30 хв кожної год, з осередненням елементів за правилами MET REPORT; поширюється на аеродромі в строки випуску SPECI.

Повідомлення про спеціальні спостереження передаються у формі коду SPECI, якщо:

1) середній напрям приземного вітру змінився на 60 градусів або більше порівняно з напрямом, який був указаний в останньому повідомленні, причому середня швидкість до і/ або після зміни дорівнює $20 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ ($5\text{...}6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, 10 вузлів) і більше;

2) середня швидкість приземного вітру змінилася на $20 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ або більше порівняно зі швидкістю, яка вказана в останньому повідомленні;

3) відхилення від середньої швидкості приземного вітру (пориви) збільшилося на $20 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ або більше, порівняно зі швидкістю, яка вказана в останньому повідомленні, причому середня швидкість до і/ або після зміни складає $30 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$ ($8 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, 15 вузлів) і більше;

4) зміни вітру перевищують швидкості, важливі в експлуатаційному значенні.

Граничні величини повинні встановлюватися органами КПР з урахуванням змін вітру, які потребують зміни ЗПС, що використовується, і свідчать, що зміна попутного та бічного компонентів вітру на ЗПС перевищила значення, котрі є основними експлуатаційними межами для типових повітряних суден, що виконують польоти на даному аеродромі;

5) видимість досягає або перевищує:

- 800 м, але така видимість не потрібна, коли вказується дальність видимості на ЗПС;

- 5000 м у випадках значної кількості польотів за ПВП;

6) дальність видимості на ЗПС досягає або перевищує 150, 350, 600 або 800 м;

7) у випадках початку, припинення або зміни інтенсивності будь-якого з явищ:

- переохолоджені опади;

- помірні або сильні: дощ, сніг, льодяний дощ, град, льодяна і/ або снігова крупа, дощ зі снігом;

- пиловий, піщаний або сніговий поземок;
- пилова, піщана або снігова хуртовина;
- пилова буря;
- піщана буря;
- гроза (з дощем, льодяним дощем, градом, льодяною і/або сніговою крупною або снігом чи в поєднанні);
- шквал;
- торнадо або водяний смерч;
- інші метеорологічні явища, які можуть призвести до значних змін видимості;
- помірний або сильний зсув вітру при зльоті або при посадці;
- помірне або сильне обмерзання;
- помірна або слабка турбулентність;

8) висота нижньої межі нижнього шару хмар, що покриває більше 4 октантів небосхилу, досягає або перевищує:

- 60, 150, 300 м (200, 500, 1000 фут);
- 450 м (1500 фут), у випадку виконання значної кількості польотів за ПВП;

9) кількість хмар в шарі нижче 450 м (1500 фут) змінюється від 4 октантів і менше до 4 октантів і більше або навпаки.

Якщо погіршення одного елементу погоди супроводжується поліпшенням іншого, то складається лише одне повідомлення SPECI про погіршення погоди.

Повідомлення SPECI про погіршення умов погоди повинно передаватися зразу ж після спостереження.

Повідомлення SPECI про поліпшення умов погоди повинно розповсюджуватися лише в тому разі, коли поліпшення трималося на протязі 10 хв.

Контрольні запитання

1. В чому полягає основне призначення метеорологічних авіаційних кодів METAR та SPECI?
2. Що являє собою MET REPORT та SPECIAL?

Завдання 1

1. Розкодувати телеграми, які складені за допомогою кодів METAR та SPECI (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Дані наземних спостережень в коді METAR

SA: UKBB 031030Z 06006MPS 020V090 6000 SCT032 SCT100 28/18 Q1007 NOSIG=

SA: UKKK 031030Z 02003MPS 9999 TS SCT030CB SCT040 26/20 Q1008 TEMPO 2000=

SA: UKLN 031030Z 29005MPS CAVOK 21/12 Q1010 NOSIG=

SA: UKBB 040430Z 08003MPS 5000 BR SCT012CB BKN030 18/17
Q1009 NOSIG=

SA: UKKK 040430Z 08004MPS 9999 BKN020 SCT033CB 19/17 Q1009
NOSIG=

SA: UKLN 040430Z 30007G12MPS 2300 -SHRA BKN010 BKN020CB
16/15 Q1007 NOSIG=

SA: UKLN 040730Z 31006G11MPS 9999 -SHRA BKN008 BKN020CB
17/16 Q1007 NOSIG=

SA: UKLN 060930Z 32003MPS 9999 BKN018CB OVC100 19/16 Q1017
NOSIG=

SA30 281330 UKKK 281330Z 29008MPS 250V310 CAVOK 21/00 Q1011
NOSIG

SA00 281300 UKKK 281300Z 27008MPS 250V310 CAVOK 21/M01
Q1011 NOSIG=

SA30 281130 UKKK 281130Z 27006G11MPS 240V300 CAVOK 21/00
Q1010 NOSIG=

SA00 280800 UKKK 280800Z 28008MPS CAVOK 19/01 Q1009 NOSIG=

SARS10 010700 URMM 010700Z 08001MPS 9999 SKC 28/19 Q1009
NOSIG RMK Γ/O SC070=

SARS10 010650 UBBG 010650Z 34004KT 9999 FEW050CB BKN083
26/12 Q1012 30CLRD70 NOSIG=

SARS10 010700 URWW 010700Z 03007G11MPS CAVOK 29/11 Q1010
NOSIG RMK SC070=

SARS10 010700 URWI 010700Z 09004MPS 9999 SKC 30/18 Q1009
NOSIG RMK SC065

SARS10 010700 UWLL 010700Z 00000MPS 9999 FEW033 SCT200 23/18
Q1012 NOSIG RMK QFE749/0998 SC065

SARS10 010700 UWOO 010700Z 16002MPS 5000 SCT100 BKN200
26/11 Q1014 NOSIG RMK QFE750/1000 08000065=

SARS10 010700 UWPP 010700Z 11003MPS 4000 TSSHRA BR
BKN022CB OVC100 19/18 Q1011 TEMPO TSRA RMK QFE742
29010060=

SARS10 010700 UWSK 010700Z 30007MPS 9999 BKN050CB OVK080
21/18 Q1013 RMK OFE755 TEMPO TSRA SQ15MPS=

SARS40 010700 UWWW 010700Z 09002MPS 9999 SCT033CB BKN100
OVC200 20/18 Q1012 TEMPO TSRA RMK QFE748 23////50=

SARS10 010700 UWOR 010700Z VRB02MPS CAVOK 26/07 Q1016
NOSIG RMK QFE737 SC065=

SARS10 010700 UUBB 010700Z VRB02MPS 9999 FEW200 16/11 Q1010
NOSIG=

SARS10 010700 UUDD 010700Z 17002MPS 9999 FEW033 SCT200 17/12
Q1010 NOSIG=

SAEE31 010700 UUEE 010700Z VRB01MPS 9999 SCT033 BKN200
15/11 Q1010 NOSIG=

SARS10 010700 USKK 010700Z 25010G13MPS 9999 SCT033 13/10
Q1008 NOSIG RMK QFE743=

SARS10 010700 UWKS 010700Z 27004MPS 9999 FEW033 BKN066
BKN233 18/10 Q1012 NOSIG RMK QFE744 SC065=

SARA10 010700 UHPP 010700Z 14002MPS 9999 FEW006 OVC019
12/10 Q1011 NOSIG RMK QBB 200 QFE755 SC 05 06 06 Г/3=

SARA10 010700 UHWW 010700Z 23005MPS 9999 FEW033 BKN200
25/13 Q1012 NOSIG RMK QFE758/1011 75CLRD80=

SARA10 010700 UHBB 010700Z 07005MPS 9999 SCT026CB 18/13
Q1004 NOSIG RMK QFE736 36090060=

Завдання 2

За допомогою метеорологічної інформації (табл. 1.2) скласти телеграми, використовуючи код METAR, як показано на прикладі.

Приклад. Регулярная сводка по аэропорту Одесса за 19.00 UTC:

Направление приземного ветра 300°, скорость ветра 4 м·с⁻¹; дальность видимости на ВПП выше максимального значения 6000 м, рассеянные облака 3-4 окт. с высотой нижней границы 1500 м, разорванная облачность на высоте 3000 м; температура воздуха 20 °С, точка росы 12 °С;

давление 1009 гПа; в ближайшие 2 часа ожидаются временные изменения метеоусловий – гроза =

METAR UKOO 1900Z 30004MPS P6000 SCT050 BKN100 20/12 Q1009
TEMPO TS=

Література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. - 347 с.
2. Ермакова А.И. Особенности метеорологического обеспечения полетов на международных линиях. - М.: Zenit, 1993. - 255 с.
3. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации СССР /НМО ГА - 90/. - Л.: Гидрометеоиздат, 1990. - 104 с.
4. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России /НМО ГА - 95/. – М.: Росгидромет, 1995. – 156 с.
5. Сборник международных метеорологических кодов. - М.: Росгидромет, 1992. – 109 с.

Звітні матеріали

1. Розкодовані та закодовані телеграми з даними про погоду з використанням табл. 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.2 – Метеорологічні зведення по пункту Одеса, 2004 р.

Дата та строк	N/N _h бали	C _H , C _M , C _L	hh, м	VV, км	dd, град	ff, м·с ⁻¹	T, °C	Td, °C	P, гПа	appp, гПа/3год	WW	Q, мм/ 12 год	T _{min} , T _{max} , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6.11. 00	0/0			50	Ю	3	10,7	6,7	1022,8	-1,3			
03	0/0			30	ЮЗ	2	9,3	6,5	1021,1	-1,7			
06	0/0			7	З	2	7,6	6,5	1019,9	-1,2	серпанок		
09	3/0	Ac, Ci	2500	6	З	1	8,6	7,3	1019,4	-0,5	серпанок		7,0
12	6/5	Ac, Ci	2500	6	СЗ	1	11,8	9,4	1019,1	-0,3	серпанок		
15	6/5	Cu, Ci	600	6	ЮЗ	1	13,5	9,4	1017,8	-1,3	серпанок		
18	6/5	Cu, Ci	600	6	ЮЗ	1	10,6	10,2	1016,6	-1,2	серпанок		
21	0/0			8	Ю	1	9,0	8,1	1016,7	+0,1	серпанок		14,0
7.11 00	6/6	Sc	600	12	ЮВ	1	11,4	10,3	1016,6	-0,1			
03	10/10	St	300	6	В	2	11,0	10,6	1015,8	-0,8	серпанок		
06	10/10	St	200	4,8	СВ	2	9,8	9,0	1015,5	-0,3	серпанок		
09	10/10	Cb	300	6	В	4	9,3	8,6	1015,4	-0,1	зливовий дощ	0,0	9,0
12	10/10	Cb	300	6	В	4	9,5	9,3	1015,3	-0,1	зливовий дощ		
15	10/10	Cb	300	6	ЮВ	4	11,2	10,9	1014,4	-0,9	серпанок		
18	10/6	St, Ac	300	6	ЮВ	7	11,8	11,0	1014,3	-0,1	серпанок		
21	10/6	Sc, Ac	600	7	ЮВ	6	12,2	10,9	1014,9	+0,6	серпанок	6,0	12,6
8.11 00	10/10	Cb	300	6	ЮВ	5	12,1	11,5	1015,2	+0,3	зливовий дощ		
03	10/10	St	300	5	ЮВ	5	12,3	11,9	1015,0	-0,2	серпанок		
06	10/10	St	200	5	ЮВ	7	10,6	10,2	1015,3	+0,3	серпанок		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

09	10/10	St	300	2,4	ЮВ	5	10,0	9,5	1016,9	+1,6	серпанок	0,8	9,7
12	10/10	Sc	300	3,8	В	5	9,7	9,3	1018,0	+1,1	серпанок		
15	10/2	Sc, Ci	600	10	В	2	11,3	9,2	1017,6	-0,4			
18	10/0	Ci	2500	20	ЮВ	4	12,7	5,5	1017,8	+0,2			
21	0/0			30	В	7	11,2	6,8	1017,9	+0,1			12,8
9.11 00	0/0			28	В	8	9,2	5,0	1017,6	-0,3			
03	10/10	St	200	7	В	7	6,8	5,9	1017,0	-0,7	серпанок		
06	10/10	St	300	6	В	9	5,8	5,1	1016,8	-0,2	серпанок		
09	10/10	St	300	3,8	В	9	7,5	6,4	1017,0	+0,2	серпанок		5,5
12	10/10	St	300	4,2	В	5	9,6	8,0	1016,8	-0,2	серпанок		
15	10/10	Ac	2500	10	В	6	10,8	8,0	1016,1	-0,7			
18	6/2	Ac, Ci	2500	10	В	6	11,4	9,4	1016,6	+0,5			
21	10/10	Sc	600	2,3	ЮВ	7	11,8	9,0	1016,8	+0,2			12,0

Примітка. Пояснення щодо заповнення таблиці:

N - загальна кількість хмарності; N_h - кількість хмар C_L або (якщо немає хмар C_L) C_M;

C_L - хмари шарувато-купчасті, шаруваті, купчасті і купчасто-дощові;

C_M - хмари високо-купчасті, високо-шаруваті і шарувато-дощові;

C_H - хмари пір'ясті, пір'ясто-купчасті і пір'ясто-шаруваті.

hh - висота основи найнижчих хмар (C_L або C_M);

VV - метеорологічна дальність видимості; dd - напрямок вітру (звідки дує); ff - швидкість вітру;

T - температура повітря; Td - точка роси; P - тиск на рівні моря;

a - характеристика баричної тенденції за останні 3 год; rrr - величина баричної тенденції за останні 3 год;

WW - погода в строк спостереження або за останню годину; Q - кількість опадів;

T_{min} - мінімальна температура повітря; T_{max} - максимальна температура повітря.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПО АЕРОДРОМУ, ЗА МАРШРУТОМ ПОЛЬОТУ ТА ПО РАЙОНАХ ПОЛЬОТІВ

Однією з основних проблем метеорологічного забезпечення польотів є своєчасне попередження про небезпечні для польотів метеорологічні явища. Тому з метою забезпечення безпеки польотів усіх типів повітряних суден утворена система штормових попереджень.

Навколо кожної авіаційної метеорологічної станції цивільної (АМСЦ) створюється штормове коло. Управління з гідрометеорології залучають до подачі відомостей про небезпечні для авіації метеорологічні явища авіаметеорологічні, гідрометеорологічні станції та пости, які розташовані навколо АМСЦ в радіусі до 200 км.

Метеорологічними органами в аеропорту складаються штормові попередження по аеродрому, за маршрутом польоту та по району польотів.

В *попередженнях по аеродрому* відкритим текстом російською або англійською мовами повідомляється коротка інформація про метеорологічні умови, які можуть чинити несприятливий вплив на повітряні судна, що знаходяться на землі, на аеродромне устаткування та технічні засоби забезпечення польотів.

Попередження по аеродрому складаються у зв'язку з фактичним або очікуваним виникненням одного чи кількох явищ і умов:

- переохолоджені опади (ожеледь);
- сильний снігопад, який триває більше 2 год;
- швидкість вітру $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше (з урахуванням поривів) незалежно від напрямку;
- шквал, смерч, гроза, град;
- зниження температури до -25°C і нижче, або її підвищення до $+30^\circ\text{C}$ і більше;
- піщана або пилова буря.

Приклад 1

Предупреждение по аэродрому Борисполь № 1

Действительно 071030/071200

Ожидается переохлажденный дождь (гололед)=

(UKBB AD WRNG 1 VALID 071030/071200 FZRA FCST=)

Приклад 2

Предупреждение по аэродрому Борисполь № 1

Действительно 151330/151530

Наблюдается и прогнозируется гроза=

(UKBB AD WRNG 1 VALID 151330/151530 TS OBS AND FCST=)

Попередження по маршрутах, районах польотів складаються аеродромними метеорологічними органами з синоптичною частиною. Ці повідомлення містять інформацію про фактичне або очікуване виникнення одного або кількох явищ:

а) для польотів на означених ешелонах:

- фронтальних гроз;
- фронтальних шквалів;
- граду;
- помірного та сильного обмерзання;
- помірної та сильної турбулентності;
- піщаної або пилової бурі;

б) для польотів нижче нижнього ешелону:

- фронтальних і внутрішньомасових гроз;
- фронтальних шквалів та смерчів;
- граду;
- обмерзання будь-якої інтенсивності в опадах;
- помірної та сильної турбулентності;
- піщаної або пилової бурі;
- вітру швидкістю більше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Попередження про очікуване виникнення будь-якого явища слід випускати не раніше, ніж за 4 год до передбаченого часу виникнення певного явища.

Текст попередження повинен містити в собі таку інформацію:

- 1) назву повідомлення «Попередження» та його порядковий номер;
- 2) слово - «Дійсно», за яким слідує група «Дата-Час», які вказують період дії, і дефіс, що відокремлює початок тексту від його основної частини;
- 3) назву явища;
- 4) уточнення характеру явища, наприклад, для турбулентності «в хмарах» або «в ясному небі»;
- 5) вказівку про те, ця інформація є фактичною чи прогностичною - відповідно «спостерігається» чи «очікується»; за словом «очікується» слідує час спостереження;
- 6) назву району КПП, де спостерігається (очікується) явище і висота в метрах (ешелон) або інтервал висот;
- 7) фактичне або очікуване переміщення явища;
- 8) прогностичну зміну інтенсивності даного явища з використанням термінів «посилюється», «слабшає» або «без змін».

Інформація SIGMET складається органами метеорологічного стеження або АМСЦ (АМЦ), що виконують їх функції, і є стислим описом фактичних та/або очікуваних визначених явищ погоди за маршрутом польоту, а також еволюції у часі і просторі цих явищ погоди, що можуть

вплинути на безпеку польотів повітряних суден. SIGMET складається відкритим текстом із скороченнями англійською мовою.

До інформації SIGMET включається тільки одне з зазначених явищ із використанням скорочень, приведених нижче:

а) на дозвукових крейсерських ешелонах (до 13 км):

Гроза:

затемнена	OBSC TS;
замаскована у хмарності	EMBD TS;
часті грози	FRQ TS;
по лінії шквалу	SQL TS;
затемнена з градом	OBSC TSGR;
замаскована у хмарності з градом	EMBD TSGR;
часті грози з градом	FRQ TSGR;
лінія шквалу з градом	SQL TSGR;

Турбулентність:

сильна турбулентність	SEV TURB;
-----------------------	-----------

Обледеніння:

сильне обледеніння	SEV ICE;
сильне обледеніння внаслідок переохолодженого дощу	SEV ICE (FZRA);

Гірська хвиля:

сильна гірська хвиля	SEV MTW;
----------------------	----------

Пилова буря:

сильна пилова буря	HVY DS;
--------------------	---------

Піщана буря:

сильна піщана буря	HVY SS;
--------------------	---------

Вулканічний попіл:

вулканічний попіл (незалежно від висоти)	VA (+назва вулкана, якщо вона відома);
--	--

Тропічний циклон:

тропічний циклон із середньою за 10 хв швидкістю приземного вітру 63 км·год ⁻¹ (34 вузли) і більше	TC(+назва циклону).
---	---------------------

б) на навколосзвукових і надзвукових крейсерських ешелонах (вище 13 км):

Турбулентність:	
помірна турбулентність	MOD TURB;
сильна турбулентність	SEV TURB;
Купчасто – дощові хмари:	
ізольовані купчасто-дощові хмари	ISOL CB;
випадкові купчасто-дощові хмари	OCNL CB;
часті купчасто-дощові хмари	FRQ CB;
Град:	
Град	GR;
Вулканічний попіл:	
вулканічний попіл (незалежно від висоти)	VA (+ назва вулкану, якщо вона відома);

Інформацію SIGMET для дозвукових повітряних суден, позначаються "SIGMET", а повідомлення, що містять інформацію SIGMET для надзвукових літаків, які знаходяться в польоті на навколосзвукових або надзвукових швидкостях, позначаються "SIGMET SST".

Приклад: Інформація SIGMET

UKNV SIGMET 2 VALID 181040/181400 UKNN-
UKNV NATIONAL FIR FRQ TS FCST S OF N50 TOP FL 300 MOV NW
40 KMH WKN=

Зміст: друга за поточну добу інформація SIGMET, складена для району польотної інформації NATIONAL FIR Національного РДЦ ОПР (що позначається літерним скороченням - UKNV) метеорологічним органом – UKNN; інформація дійсна з 10.40 UTC до 14.00 UTC вісімнадцятого числа даного місяця; прогноуються часті грози, на південь від 50 градуса північної широти, верхня межа на ешелоні польоту 300, будуть переміщуватися на північний захід зі швидкістю 40 км·год⁻¹, інтенсивність їх буде слабшати.

Інформація AIRMET складається органами метеорологічного стеження або АМСЦ (АМЦ), що виконують їх функції, для шару від поверхні землі до абсолютної висоти переходу (3050 м).

AIRMET є стислим описом фактичних та/або очікуваних визначених явищ погоди за маршрутом польоту, що не увійшли до зональних прогнозів GAMET, а також еволюції у часі і просторі цих явищ погоди, що можуть вплинути на безпеку польотів на низьких висотах.

AIRMET складається відкритим текстом із скороченнями англійською мовою

Ця інформація зазначається з використанням одного з таких скорочень:

Швидкість приземного вітру: середня швидкість приземного вітру на значному просторі понад $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ ($60 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$)	SFC WSPD (+ швидкість вітру й одиниці виміру);
Видимість біля поверхні землі: видимість на значному просторі менше 5 км, включно явище(а) погоди, яке погіршує(ють) видимість	SFC VIS (+видимість) (+одне з нижченаведених явищ погоди або їх комбінацій: BR, DS, DU, DZ, FC, FG, FU, GR, GS, HZ, IC, PL, PO, RA, SA, SG, SN, SS, SQ або VA;
Грози: ізольовані грози без граду випадкові грози без граду ізольовані грози з градом випадкові грози з градом	ISOL TS; OCNL TS; ISOL TSGR; OCNL TSGR;
Гірське затемнення: затемнені гори	MT OBSC;
Хмарність: розірвана або суцільна хмарність на значному просторі з нижньою межею хмар нижче 300 м над рівнем землі розірвана суцільна	BKN CLD (+ висота нижньої і верхньої межі хмар та одиниці виміру); OVC CLD (+ висота нижньої і верхньої межі хмар та одиниці виміру);
Купчасто-дощові хмари: ізольовані випадкові часті	ISOL CB; OCNL CB; FRQ CB;
Потужно-купчасті хмари значної вертикальної протяжності: ізольовані випадкові часті	ISOL TCU; OCNL TCU; FRQ TCU;
Турбулентність: помірна турбулентність (за винятком турбулентності, що виникає в конвективних хмарах)	MOD TURB;

Обледеніння:

помірне обледеніння (за MOD ICE;
винятком обледеніння, що
виникає в конвективних хмарах)

Гірська хвиля:

помірна гірська хвиля MOD MTW.

Зведення AIRMET містить таку інформацію, розташовану в зазначеному порядку:

а) показчик місця розташування органа ОПР, що обслуговує відповідний FIR, в межах якого діє інформація AIRMET, наприклад, "UKBV";

б) умовне позначення інформації та порядковий номер, який визначає їх порядкову кількість, що складені для FIR з 00.01 UTC поточної доби, наприклад, "AIRMET 2";

в) група "дата-час", що зазначає період дії у UTC, наприклад, "VALID 221215/221600";

г) показчик місця розташування метеорологічного органу, що підготував інформацію, за яким зазначається дефіс для розподілу преамбули й тексту, наприклад, "UKBB-";

д) індекс місцеположення та назва FIR, для якого складається інформація AIRMET, наприклад, " UKBV KYIV FIR";

е) явище й опис явища, що обумовило складання інформації AIRMET відповідно до переліку, наприклад, "MOD ICE";

є) указівка про те, що явище є фактичним, передбачається його продовження або воно є прогнозованим, визначається скороченнями "OBS" або "OBS AND FCST" або "FCST" і, за необхідності, час спостереження в UTC, наприклад, "OBS AT 1435Z";

ж) місце розташування (із зазначенням широти і довготи в градусах і мінутах або назви відомих міжнародних пунктів або географічних місць) і, за необхідності, рівень у значеннях висоти над рівнем землі (AGL) або над середнім рівнем моря (AMSL), наприклад,

"OBS AND FCST N OF N50 GND/600M AGL" або "FCST MT REGIONS ABV 800M AMSL";

з) фактичне або очікуване переміщення із зазначенням одного з восьми компасних румбів або стаціонарне місце розташування, наприклад, "STNR" або "MOV NE 20KMH";

і) очікувана зміна інтенсивності з використанням скорочення "INTSF" (посилення), "WKN" (послаблення) або "NC" (без змін).

Приклад: Інформація AIRMET

UKNV AIRMET 2 VALID 151410/151800 UKNN-

UKNV NATIONAL FIR MOD ICE FCST W OF E030 200/1200M AGL
MOV NE 20 KMH NC=

Зміст: друга за поточну добу інформація AIRMET, складена для району польотної інформації - NATIONAL FIR Національного РДЦ ОПР (що позначається літерним скороченням - UKNV) метеорологічним органом - UKNN; повідомлення дійсне з 14.00 UTC до 18.00 UTC п'ятнадцятого числа даного місяця: помірно обледеніння прогнозується на захід від 30 градуса східної довготи від 200 до 1200 м над рівнем землі; очікується його переміщення на північний схід зі швидкістю 20 км·год⁻¹, інтенсивність не зміниться.

Контрольні запитання

1. Які штормові попередження складаються метеорологічними органами в аеропорту?
2. Про які явища складаються попередження для польотів на виділених ешелонах і висотах нижчих за нижній ешелон?
3. Що являє собою інформація SIGMET і AIRMET?

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Учебный авиационный метеорологический атлас. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 255 с.
3. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации СССР /НМО ГА - 90/. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 104 с.
4. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России /НМО ГА - 95/. – М.: Росгидромет, 1995. – 156 с.

Завдання

Скласти тексти попереджень по аеродрому, за повітряними трасами, за місцевими повітряними лініями (МПЛ) та районами польотів (за вказівкою викладача) по наступній інформації:

1. По аеродрому UKLN з 040300 до 040600 очікується гроза фронтальна, яка зміщується на південь зі швидкістю 40 км·год⁻¹. При грозі очікується помірна турбулентність, що буде посилюватись.
2. По аеродрому UKLL з 12.00 до 18.00 очікується гроза внутрішньомасова, зливовий дощ, град, значна шарувата хмарність 1000 м.
3. По аеродрому UKBB очікується гроза внутрішньомасова, град, купчасто-дощова хмарність 1100 м, вітер 270°, 14 м·с⁻¹, пориви 20 м·с⁻¹.
4. По аеродрому UKKK очікується погіршення видимості із-за туману до 200 м, вітер змінний 2 м·с⁻¹, 160-250 °.

5. По аеродрому УКОО очікується проходження холодного фронту, який зміщується на південь, хмарність купчасто-дощова 600 м, обледеніння, турбулентність, бовтанка, посилення вітру до $17 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, пориви $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Приклад. Предупреждение 1 действительно 021500/021800 - ожидаемая фронтальная гроза северной части Одесского РЦ перемещается на юг, слабея.

Зміст попередження. Первое по счету предупреждение действительно с 15.00 до 18.00 UTC 2 числа данного месяца; ожидается фронтальная гроза в северной части района, контролируемого РЦ Одессы, которая смещается на юг с послаблением интенсивности.

Для аэродрома установленный следующий минимум погоды: видимость 2000 м, высота нижней границы облаков 200 м, скорость ветра $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Звітні матеріали

Тексты попереджень в робочому зошиті.

ЛАБОРАТОРНА РАБОТА № 3

АВІАЦІЙНІ ПРОГНОЗИ ПОГОДИ

Мета роботи: ознайомитися з роботою прогностичних підрозділів цивільної авіації; навчитися використовувати в оперативній практиці авіаційні прогностичні карти (АКП); вивчити авіаційний прогностичний код TAF; навчитися складати прогнози типу TREND та GAMET.

Цивільна авіація потребує інформацію не тільки про фактичну але й особливо про майбутню погоду. Тому розробка авіаційних прогнозів погоди - один з найважливіших видів діяльності АМСЦ (АМЦ).

На АМСЦ, яка має синоптичну групу, розробляються і складаються такі види авіаційних прогнозів погоди:

- добовий прогноз погоди по аеродрому;
- оперативний прогноз погоди по аеродрому (в радіусі 10 км);
- оперативні прогнози погоди по аеродромах МПЛ, для АМСГ IV розряду, оперативних груп, метеорологічних постів;
- прогнози погоди на посадку;
- прогнози погоди за повітряними трасами, МПЛ, маршрутами, районами польотів (площею);
- прогноз вітру та температури на висотах.

На основі *добового прогнозу погоди по аеродрому* планується робота усіх служб на аеродромі, які забезпечують польоти, та льотна робота. Цей прогноз складається з 18 год 00 хв поточної доби до 18 год 00 хв наступної доби (за місцевим часом) і містить в собі дві частини: прогноз погоди на ніч (з 18 год 00 хв до 6 год 00 хв) та прогноз погоди на день (з 6 год 00 хв до 18 год 00 хв).

Оперативні прогнози погоди по аеродрому призначаються для обміну інформацією про очікувану погоду з іншими аеродромами, для консультації працівників ЦА свого аеродрому і складаються для аеродрому (в радіусі 10 км) на строк дії 6, 9 або 12 год. Оперативні прогнози на 6, 9 або 12 год складаються кожні 3 год, з періодом дії 18 год і більше - кожні 6 год. Прогнози складаються завчасно, не менше ніж за 1 год до початку строку їх дії.

У зв'язку з мінливістю метеорологічних величин в просторі та за часом авіаційним споживачам слід розглядати певне значення будь-якої вказаної в прогнозі величини як найбільш імовірне, яке дана величина може мати на протязі періоду дії прогнозу. При цьому мається на увазі, що відхилення від середніх не будуть перевищувати значення:

- для напрямку вітру (біля поверхні землі та на висотах) $\pm 30^\circ$;

- для швидкості вітру біля поверхні землі $\pm 3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ до значення $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, $\pm 20 \%$ при швидкості вітру більше $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$;
- для видимості $\pm 200 \text{ м}$ до значення 700 м , $\pm 30 \%$ при значеннях більших за 700 м ;
- для кількості хмар ± 2 бали;
- для висоти нижньої межі хмар $\pm 30 \text{ м}$ до висоти 120 м , $\pm 30 \%$ при висоті хмарності більшій за 120 м ;
- для температури повітря на аеродромі $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Метеорологічні органи, які складають прогнози по аеродрому, при необхідності, вносять в них необхідні корективи. Необхідність внесення корективів в прогнози визначається критеріями:

- середній напрям вітру біля поверхні землі зміниться на 30° і більше порівняно із вказаним раніше, причому середня швидкість складає $6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше;
- середня швидкість вітру і/або його пориви зміняться на $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше, якщо середня швидкість до і/або після зміни складає $7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ чи більше.
- видимість при її погіршенні або поліпшенні перевищить значення, які відповідають робочим посадковим мінімумам аеродрому;
- очікується початок або припинення грози, граду, снігу з дощем, ожеледі, пилової або піщаної бурі, шквалу, смерчу;
- висота нижньої межі хмар, що покриває більше 3 октантів (4 балів) небосхилу, при її зниженні або підвищенні перевищить значення, які відповідають робочим посадковим мінімумам аеродрому.

Прогнози по аеродрому та корективи до них складаються в форматі коду ТАФ.

Прогнози за маршрутами і районами польотів містять в собі інформацію про вітер та температуру повітря на висотах, особливі явища погоди (грози, шквали, турбулентність, обмерзання, ожеледь, град, пилову чи піщану бурю, всі явища, що погіршують видимість до значень менших за 10 км , хмарність).

Основна форма надання прогнозів за маршрутами і районами польотів за ППП - прогностичні карти АКП, а для польотів за ПВП - прогнози в формі таблиць АВ-5, АВ-5а (Додаток Б, В) або відкритого тексту.

Прогностичні карти складаються на фіксовані строки 03, 09, 15 та 21 СГЧ для рівнів 400, 300, 250 та 200 гПа. Вони дійсні на період до 12 год, який починається за 6 год до і закінчується через 6 год після фіксованого строку. При забезпеченні польоту тривалістю більше 5 год строк дії карти може бути продовжений до 9 год після фіксованого строку.

В залежності від протяжності маршруту й виду польотів використовуються АКП масштабів 1: 30 000 000, 1: 15 000 000, 1: 7 500 000.

Існують три основних види *авіаційних прогностичних карт погоди*.

1. *Карти вітру та температури повітря на висотах*. На карті певної стандартної ізобаричної поверхні позначаються центри баричних утворень, ізогіпси з указаними висотами відповідної ізобаричної поверхні (через 8 гп дам), напрям вітру (стрілками між ізогіпсами), дані про швидкість вітру наносяться у вигляді стрілки з оперенням - $20 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$, заштрихований трикутник - $100 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$. Відомості про температуру вказуються в цілих градусах Цельсія та обводяться колом.

На АКП рівня 300 гПа додатково вказується прогностичне положення вісі струминної течії (жирними стрілками) із значеннями максимальної швидкості ($\text{км}\cdot\text{год}^{-1}$) і висоти вісі (в десятках метрів). На АКП рівня 200 гПа додатково проводяться ізолінії відхилення температури повітря на ізобаричній поверхні від стандартної температури ($-56,5 \text{ }^\circ\text{C}$) через $5 \text{ }^\circ\text{C}$ з виділенням областей тепла та холоду. Для забезпечення польотів СТС на карті рівня 200 гПа наноситься також розміщення вершин купчасто-дощових хмар.

2. *Карти особливих явищ погоди для низьких рівнів (нижче 700 гПа)*. На цих картах нанесені відомості про:

- зони і рівні, що знаходяться під впливом гроз, фронтальних шквалів, граду, помірної та сильної турбулентності (в хмарах та при ясному небі), гірських хвиль і пов'язаних з ними низхідних течій, обледеніння повітряних суден, переохолоджених опадів, широких смуг піщаної або пилової бурі, туману та інших явищ, які викликають погіршення видимості до значень менших 10 км на великому просторі;

- кількість, форми і висоти нижньої і верхньої межі хмар;
- видимість біля поверхні землі, коли вона менша 10 км;
- висоту рівня $0 \text{ }^\circ\text{C}$, якщо він розташований нижче стелі повітряного простору, для якого отримано прогноз;

- атмосферні фронти, центри баричних утворень та їх очікуване переміщення.

3. *Карти особливих явищ погоди для високих рівнів (400...150 гПа)*. На цих картах нанесені відомості про:

- сильні грози;
- сильні шквали;
- помірну або сильну турбулентність (в хмарах або при ясному небі);
- помірне або сильне обледеніння;
- град;
- хмарність, яка пов'язана з особливими явищами;
- атмосферні фронти (положення, швидкість і напрямок руху), з якими пов'язані відповідні особливі явища погоди;
- пилову або піщану бурю;

- висоту тропопаузи;
- струминні течії.

На картах особливих явищ погоди для високих рівнів вказують дані лише тільки про купчасто-дощову хмарність. Символ *Sb* говорить про наявність помірної або сильної турбулентності, помірного або сильного обледеніння, грози, граду.

Деякі особливості оформлення прогностичних АКП особливих явищ.

Дані про висоти зон особливих явищ погоди, нижньої і верхньої меж хмарності, тропопаузи, вісі струминної течії, рівня 0 °С вказуються (в десятках метрів):

- для високих і середніх рівнів при польотах за ППП - відносно ізобаричної поверхні 1013,2 гПа (760 мм рт. ст.);
- для низьких рівнів при польотах за ПВП - відносно поверхні землі.

Положення центрів високого та низького тиску позначається літерами «Н» і «L» відповідно разом із значеннями тиску в центрі (в гПа). Поруч стрілкою вказується напрямок очікуваного переміщення, а цифрами - середня швидкість (в км·год⁻¹).

Для позначення особливих явищ погоди використовують символи:

- ☉ - гроза;
- фронтальний шквал;
- помірна турбулентність;
- сильна турбулентність;
- Ψ⁰ - слабке обледеніння;
- Ψ - помірне обледеніння;
- Ψ² - сильне обледеніння;
- гірські хвилі;
- ≡ - облоговий туман;
- ☼ - мряка;
- ☉ - переохолоджені опади (ожеледь);
- ☼ - дощ;
- ** - сніг;
- ☼ - злива;
- ∞ - імла;
- S - піщана або пилова імла;
- S - піщана або пилова буря;
- ☼ - дим;
- = - серпанок;
- ☼ - облогова заметіль (хуртовина).

Межі зон особливих явищ погоди позначають зубчастою лінією за винятком зон турбулентності ясного неба, які окреслюють жирною пунктирною лінією з надписом «САТ» всередині, поруч ставиться умовний символ турбулентності (помірна чи сильна), у вигляді дробу указують висоти верхньої та нижньої меж шару, в якому вона очікується.

Типи та положення атмосферних фронтів біля поверхні землі, які супроводжуються особливими явищами позначають символами:

- холодний фронт;
- теплий фронт;
- фронт оклюзії;
- квазістаціонарний фронт.

Форму та кількість хмар указують латинськими літерними скороченнями:

Форма

Ci - перисті;	Ns - шарувато-дощові;
Cc – перисто-купчасті;	Sc - шарувато-купчасті;
Cs - перисто-шаруваті;	St - шаруваті;
Ac - високо-купчасті;	Сi – купчасті;
As - високо-шаруваті;	Cb - купчасто-дощові;

Кількість

Хмарність, за винятком Cb:

SKC або ясно – ясно (0 октант);

SCT або РЗБ – розкидані (1...4 октанти);

Тільки Cb:

ISOL або ИЗОЛ – окремі Cb (ізольовані);

OCNL або РЕДК – досить відокремлені Cb (випадкові, нечасті);

FRQ або ЧАСТ – Cb з незначним відокремленням або без відокремлення (часті);

EMBD або МАСК – Cb, замасковані шарами іншої хмарності;

BKN або ЗНЧ – значні (5...7 октантів);

OVC або СПЛ – суцільні (8 октантів).

Висота тропопаузи вказується всередині невеликих прямокутників, розміщених рівномірно по карті. Центри низької і високої тропопаузи

970

вказуються буквами L та H відповідно всередині п'ятикутників

850

180

Значення висот нульової ізотерми в десятках метрів розміщуються всередині прямокутників $0^{\circ} : 270$ в вибіркових точках карти.

Символи ХХХ означають, що верхня (нижня) межа явища розташована за межами шару атмосфери, який охоплює карта.

Прогноз умов за маршрутом (районом) польотів в табличній формі.

Прогноз умов за маршрутом (районом) польотів включають в документацію польотів в тих випадках, коли аеродромний метеорологічний орган не надає цю інформацію в вигляді АКП. Указані прогнози підготовлюються на бланках АВ-5 чи АВ-5а (Додаток Б, В). Бланк АВ-5 слід використовувати для польотів за ПВП на коротку відстань на висотах до 3000 м (700 гПа), бланк АВ-5а - для польотів за ППП на висотах більших за 3000 м.

В прогноз включається коротка характеристика синоптичної ситуації із значеннями напрямку і швидкості переміщення атмосферних фронтів і центрів баричних утворень, а також їх інтенсивність.

Прогноз за маршрутом, якщо це необхідно, складають по декількох ділянках вздовж траєкторії польоту. В залежності від виду польоту, за ППП або за ПВП, опис особливих явищ погоди повинен охоплювати ті явища, що використовуються при складанні прогностичних АКП. Символи явищ не використовуються.

Форму хмар указують російськими літерами:

ПР - перисті;	СД - шарувато-дощові;
ПК - перисто-купчасті;	СК - шарувато-купчасті;
ПС - перисто-шаруваті;	СЛ - шаруваті;
ВК - високо-купчасті;	КЧ - купчасті;
ВС - високо-шаруваті;	КД - купчасто-дощові.

Для характеристики кількості хмарності використовуються скорочення:

- для будь-якої хмарності, крім КД хмар: ЯСНО (ясно), РЗБ (розкидані) – 1 - 4 окт., ЗНЧ (значні) – 5 - 7 окт., СПЛ (суцільні) – 8 октант;
- тільки для КД хмар: ИЗОЛ (ізольовані) - для окремих хмар, РЕДК (рідкі) - для досить розріджених хмар, ЧАСТ (часті) - для хмар з невеликим розрідженням або без розрідження.

Висоти нижньої і верхньої меж хмарності та зон особливих явищ погоди указуються одним з найбільш імовірних середнім значенням за тими ж правилами, що і на авіаційних картах погоди. Всі висоти на бланках АВ-5 вказуються в значеннях абсолютної висоти, вираженої в метрах, на бланках АВ-5а – відносно ізобаричної поверхні 1013,25 гПа (760 мм рт. ст.) в десятках метрів.

Відомості про вітер та температуру повітря на висотах на бланку АВ-5 надаються для рівня, поблизу якого буде відбуватися політ, а також ще на двох рівнях, які розташовані вище й нижче рівня польоту, та вибираються з висот над рівнем моря: 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000 і 3000 м. На бланку АВ-5а всі дані стосуються стандартних ізобаричних поверхонь.

Вітер і температура повітря на висотах на бланку АВ-5 указуються для рівня, поблизу якого буде відбуватися політ, а також щонайменше для

двох суміжних рівнів (вище і нижче за рівень польоту), що вибрані з нижче перерахованих висот: 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000 і 3000 м над рівнем моря. На бланках АВ-5а указуються дані для стандартних ізобаричних поверхонь. Вітер і температуру повітря на найнижчому з рівнів слід записувати в самому нижньому рядку, а дані для більш високих рівнів - в зростаючому порядку вище. Напрямок вітру вказується трьома цифрами з округленням до найближчих 10 °С, потім після дробової межі – значення швидкості в км·год⁻¹, принаймні, двома цифрами з округленням до найближчих 10 км·год⁻¹. Значення температури повітря вказується двома цифрами в °С зі знаком + або -, за виключенням 0 °С, коли повинні вказуватися тільки цифри 00.

Прогнози для посадки типу TREND складаються для екіпажів повітряних суден, що знаходяться в межах однієї години льотного часу від аеродрому призначення, а також для задоволення вимог авіаційних споживачів на аеродромі.

Прогноз типу TREND складається із короткого опису суттєвих змін метеорологічних умов на даному аеродромі, який додається до місцевих регулярних і спеціальних зведень, зведень METAR/SPECI і розповсюджується на аеродромі та поза його межами разом із ними. Період дії прогнозу TREND складає 2 год, починаючи зі строку складення зведення.

Для метеорологічного забезпечення польотів повітряних суден за маршрутами польотів на низьких висотах для відповідного району польотної інформації (FIR) складаються прогнози у форматі *зонального прогнозу* GAMET відкритим текстом англійською мовою зі скороченнями та числовими величинами, що прийняті в ІКАО.

Зональні прогнози GAMET складаються органами метеорологічного стеження або АМСЦ (АМЦ), що виконують їх функції, 4 рази на добу на періоди: 00.00-06.00, 06.00-12.00, 12.00-18.00, 18.00-24.00 із завчасністю не менше ніж за 1 год до початку терміну дії прогнозу для шару від поверхні землі до абсолютної висоти переходу (3050 м).

Зміст і порядок підготовки зональних прогнозів GAMET:

Розділ I містить дані про явища (умови) погоди за маршрутом (районом) польоту, які є небезпечними для польоту на низьких висотах, і які використовуються для підготовки інформації AIRMET.

Розділ II містить додаткову інформацію, яка необхідна для польотів на низьких висотах.

Зональний прогноз GAMET складається у такому порядку:

а) показчик місця розташування органу ОНР, що обслуговує відповідний FIR, для якого складається зональний прогноз для польотів на низьких висотах, наприклад, "UKLV";

б) умовне позначення повідомлення з використанням скорочення "GAMET";

в) група "дата-час", де зазначається період дії у UTC, наприклад, "VALID 220600/221200";

г) показчик місця розташування метеорологічного органу, що підготував повідомлення, за яким зазначають дефіс для розділення преамбули від тексту, наприклад, "UKNN - ";

д) назва FIR, для якого складається зональний прогноз, наприклад, "LVIV FIR";

е) показчик початку першого розділу зонального прогнозу з використанням скорочення "SECN I";

є) напрямок та середня швидкість приземного вітру на значному просторі $15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ та більше, наприклад, "SFC WSPD: 10/12 320/16 MPS";

ж) видимість біля поверхні землі на значному просторі менше 5000 м, із зазначенням явища погоди, що зумовлюють погіршення видимості відповідно до міжнародного авіаційного коду FM 51-XII TAF, наприклад, "SFC VIS: 06/08 2000 M BR N OF N49";

з) особливі явища погоди, включаючи грози та/або сильні піщані й пилові бурі (за винятком явищ, у відношенні до яких уже складені інформації SIGMET), наприклад, "SIGWX: 12/13 ISOL TS";

и) гірське затемнення, наприклад, "MT OBSC: MT PASSES N OF N48 OBSC";

і) розірвана або суцільна хмарність на значному просторі з висотою нижньої межі менше 300 м над рівнем землі (AGL) або над середнім рівнем моря (AMSL) та/або утворення будь-яких купчасто-дощових (CB) або потужно-купчастих хмар значної вертикальної протяжності (TCU) з зазначенням висоти їх нижньої і верхньої межі, наприклад, "SIG CLD: 06/09 OVC 250/350 M AGL N OF N49";

ї) обледеніння (за винятком такого, що виникає в конвективних хмарах, та сильного обледеніння, стосовно якого уже складена інформація SIGMET), наприклад, "ICE: MOD 1000/1800 M AGL";

й) турбулентність (за винятком такої, що виникає у конвективних хмарах, та сильної турбулентності, стосовно якої уже складена інформація SIGMET), наприклад, "TURB: MOD GND/ 600 M AGL";

к) гірська хвиля (за винятком сильної гірської хвилі, у відношенні до якої уже складена інформація SIGMET), наприклад, "MTW: MOD ABV 1500 M AMSL N OF N48";

л) інформація SIGMET, що стосується відповідного району польотної інформації FIR або його частини, стосовно якої діє зональний прогноз, наприклад, "SIGMET APPLICABLE: 1, 2";

м) вказівка початку другого розділу зонального прогнозу з використанням скорочення "SECN II";

н) центри високого або низького тиску та фронти, їх очікуване переміщення й розвиток, наприклад, "PSYS: 06 L995 HPA N4930 E02400 MOV NE 20 KMH WKN";

о) приземний вітер, середня швидкість якого не перевищує $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на значному просторі, із зазначенням поривів, наприклад, "SFC WIND: 06/09 180/05MPS, 09/12 240/08G13MPS";

п) вітер і температура повітря для таких абсолютних висот: 300, 600, 1500, 3000 м, наприклад, "WND/T: 300 M AMSL 220/60 KMH PS05 600 M AMSL 240/70 KMH PS02 1500 M AMSL 250/80 KMH MS03 3000 M AMSL 250/100 KMH MS08";

р) інформація про хмарність, яка не увійшла до переліку і), з зазначенням кількості, форми і висот нижньої і верхньої меж хмар над рівнем землі (AGL) або над середнім рівнем моря (AMSL), наприклад, "CLD: BKN SC 750/2400 M AGL";

с) висота рівня(ів) нульової ізотерми в градусах Цельсія над середнім рівнем моря (AMSL), якщо він/вони нижче верхньої межі повітряного простору, для якого складається прогноз, наприклад, "FZLVL: 1000 M AMSL";

т) прогнозоване мінімальне значення QNH (у гектопаскалях та мм рт. ст.) протягом періоду дії прогнозу в межах FIR, наприклад, "MNM QNH 1005 HPA/753 MM HG";

у) прогнозоване мінімальне значення температури повітря біля поверхні землі у межах FIR протягом періоду дії прогнозу, наприклад "MNM SFC: PS05";

ф) стан моря та температура поверхні моря (за необхідності), наприклад, "SEA:T15 HGT 5M".

У прогнозах GAMET швидкість приземного вітру зазначається у метрах за секунду ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$), швидкість вітру на висотах – у кілометрах за годину ($\text{км}\cdot\text{год}^{-1}$), висота нижньої та верхньої межі хмар, рівні турбулентності, обледеніння, гірських хвиль та нульової ізотерми – у метрах (м).

У випадках, коли виникнення певних небезпечних явищ не очікується, або вони уже внесені до інформації SIGMET, із зонального прогнозу окремі переліки є) - л) вилучаються.

У випадках, коли небезпечні для польотів на низьких висотах явища погоди не передбачаються, як прогнозом так й інформацією SIGMET, усі переліки є) - л) замінюються терміном "HAZARDOUS WX NIL".

У випадках, коли небезпечні для польотів на низьких висотах явища (умови) погоди, зазначення яких передбачається розділом I, не увійшли до тексту прогнозу GAMET, а явище (умови) спостерігається або очікується, складається відповідна інформація AIRMET. Зазначене попередження (інформація AIRMET) є доповненням до прогнозу GAMET, тому не потребує складання корективу до прогнозу GAMET.

Приклад: Зональний прогноз GAMET

UKHV GAMET VALID 151200/151800 UKHN-
KHARKIV FIR

SECN I

SIG WX: 13/18 ISOL TS

SIG CLD: OCNL CB 800/ABV 3000 M AGL

TURB: MOD GND/300 M AGL

SECN II

PSYS: 12 L 1000 HPA N5130 E03130 MOV NE 30 KMH WKN

SFC WIND: 220/08G13 MPS

WND/T: 300 M AMSL 230/30 KMH PS20 600 M AMSL 240/40 KMH

PS18 1500 M AMSL 240/50 KMH PS10 3000 M AMSL 250/80 KMH

MS01

FZLVL: 2800 M AMSL

MNM QNH 1005 HPA /753 MM HG

MNM SFC T: PS21

Зміст: зональний прогноз для польотів на низьких висотах GAMET, складений для Харківського району польотної інформації UKHV метеорологічним органом UKHN; повідомлення дійсне з 12.00 UTC до 18.00 UTC 15 числа поточного місяця.

Розділ I

Особливі явища погоди	між 13.00 UTC і 18.00 UTC ізольовані грози без граду;
Значима хмарність	випадкові купчасто-дощові хмари з нижньою межею 800 м і верхньою межею вище 3000 м над рівнем землі;
Турбулентність	помірна турбулентність у шарі земля – 300 м від рівня землі;

Розділ II

Баричні системи	На 12.00 UTC центр циклону з тиском 1000 гектопаскалів у точці з координатами 51 градус 30 мінут північної широти і 31 градус 30 мінут східної довготи; передбачається переміщення його у північно-східному
-----------------	---

Приземний вітер	напрямку зі швидкістю 30 км·год ⁻¹ ; циклон заповнюється; напрямок вітру 220 градусів, швидкість вітру
Вітер і температура	8 м·с ⁻¹ з поривами 13 м·с ⁻¹ на висоті 300 м над середнім рівнем моря: напрямок вітру 230 градусів, швидкість вітру 30 км·год ⁻¹ , температура +20 °С; на висоті 600 м над середнім рівнем моря: напрямок вітру 240 градусів, швидкість вітру 40 км·год ⁻¹ , температура +18 °С; на висоті 1500 м над середнім рівнем моря: напрямок вітру 240 градусів, швидкість вітру 50 км·год ⁻¹ , температура +10 °С; на висоті 3000 м над середнім рівнем моря: напрямок вітру 250 градусів, швидкість вітру 80 км·год ⁻¹ , температура -1 °С
Висота нульової ізотерми	2800 м над середнім рівнем моря
Мінімальне значення тиску QNH	1005 гектопаскалів /753 мм рт. ст.
Мінімальне значення температури біля поверхні землі	повітря +21 °С

Контрольні запитання

1. Які існують авіаційні прогнози погоди?
2. Які вимоги пред'являються до авіаційних прогнозів погоди?
3. Термінологія авіаційних прогнозів.
4. Яка існує прогностична авіаційна документація?
5. В яких випадках складаються прогнози TREND і GAMET?

Вихідні матеріали

1. Телеграми з прогнозами погоди.
2. Навчальний авіаційний метеорологічний атлас.
3. Бланки АВ-5, АВ-5а.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.

2. Ермакова А.И. Особенности метеорологического обеспечения полетов на международных линиях. - М.: Зенит, 1993. - 255 с.

3. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации СССР /НМО ГА - 90/. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 104 с.

4. Сборник международных метеорологических кодов. - М.: Росгидромет, 1992. – 109 с.

Завдання

1. Розкодувати телеграми, які складено за допомогою коду TAF (таблиця).

2. Скласти прогнози погоди (тексти телеграм) в аеропортах (за вказівкою викладача).

3. Скласти опис синоптичних і погодних умов, температурного та вітрового режимів вздовж траси, яка вказана викладачем.

4. Заповнити бланки АВ-5, АВ-5а.

Таблиця – Дані наземних спостережень в кодї ТАФ

FC: UKBB 031035Z 031221 08005MPS 6000 BKN040 TEMPO 1221
VRB14MPS 2000 TSRA
SCT007 BKN015C=

FC: UKKK 031035Z 031121 30006MPS 9999 BKN010 SCT030CB
TEMPO 1118 VRB20MPS
1000 TSRAGR SCT004 BKN015CB=

FC: UKLN 0310400Z 031221 32007MPS 9999 – SHRA SCT030CB
PROB40 TEMPO
1218 – TSRA=

FC: UKBB 040435Z 040615 08005G10MPS 9999 BKN020 BKN100
TEMPO 0615 2000
TSRA SCT007 BKN015CB=

FC: UKKK 040442Z 040615 08006G11MPS 9999 BKN010 SCT030CB
TEMPO 0609 2000=
SHRA SCT005 BKN015CB TEMPO 0915 2000 TSRA BKN015CB

FC: EDDB 170000Z 170110 23005KT 6000 SCT008 BKN015 BECMG
0103 BKN008 PROB40 TEMPO 0110 2500 RADZ BKN004=

FC: EDDC 170000Z 170110 25015KT 9000 BKN010 TEMPO 0110
25020G30KT 4000 RADZ BKN008=

FC: EDDI 170000Z 170110 23005KT 6000 SCT008 BKN015 BECMG
0103 BKN008 PROB40 TEMPO 0110 2500 RADZ BKN004=

FC: EDDW 170000Z 170110 25010KT 4500 – RADZ BKN010 TEMPO
0103 2000 DZRA BKN004 BECMG 0305 24013G25KT BECMG 0507 6000=

FC: EDFH 170000Z 170110 26012G25KT 3000 – DZRA BR BKN004
TEMPO 0110 0500 DZ FG OVC001 TEMPO 0310 27015G30KT=

FC: EDTL 170000Z 170110 20010KT 9999 BKN040 PROB30 TEMPO
0408 4000 BR BKN012=

FC: EGBB 170000Z 170110 26010KT 9999 SCT020 TEMPO 0110
BKN012=

FC: EGCC 162338Z 170110 26015KT 9999 – RA SCT005 BKN020
TEMPO 0110 4000 – RADZ BKN008 PROB30 TEMPO 0110 1400 BR DZ
BKN002=

FC: EGLL 170016Z 170110 23009KT 9999 SCT020 TEMPO 0110 9000
BKN010 PROB30 TEMPO 0110 4000 – DZ BKN009=

FC: EGPF 162355Z 170110 24010KT 7000 – RA BKN010 TEMPO 0108
4000 RADZ BKN006 BECMG 0710 25015G25KT 9999 NSW SCT020=

FC: EGPH 162355Z 170110 26012KT 6000 – RA BKN010 TEMPO 0108
3000 RADZ BKN007 PROB30 TEMPO 0104 BKN004 BECMG 0710
26017G27KT 9999 NSW SCT025=

FC: LGAL 170000Z 170110 05018KT 9999 SCT018 SCT030 PROB30
TEMPO 0110 7000 RA SCT015 BKN025=

FC: LGEL 170000Z 170110 35015KT 9999 FEW020 SCT030 PROB30
TEMPO 0110 7000 RA FEW015 BKN030 BECMG 0608 35022KT=

FC: LGMT 170000Z 170110 01022KT 9999 SCT020 SCT030 PROB40
TEMPO 0110 7000 RA SCT015 BKN030=

FCRS10 010500 UWPP 010545Z 010716 21007MPS 9999 BKN020CB
SCT010 TEMPO 0713 VRB18MPS 3000 TSRA SQ=

FCRS40 010500 UWSS 010545Z 010716 22007MPS 9999 BKN010CB
TEMPO 0716 VRB18MPS 2000 TSRA GR SQ SCT006=

FCRS40 010500 UWWW 010545Z 010716 VRB03MPS 9999 BKN033CB
OVC100 TEMPO 0716 VRB15MPS 0800 TSRAGR SQ SCT020CB=

FCRS10 010400 URKA 010500Z 010615 VRB02MPS 9999 SCT020CB
T30/07Z TEMPO 0815 21006MPS=

FCRS10 010400 URWW 010450Z 010615 20006G12MPS 9999
SCT040CB 530004 T35/12Z PROB40 TEMPO 0612 – TSRA=

FCRS40 010400 ULLI 010445Z 010615 28007MPS 9999 BKN020CB
TEMPO 0612 2500 SHRA BKN010CB BECMG 1213 33007MPS=

FCRS10 010400 UUBB 010420Z 010615 20007MPS 9999 SCT012
SCT020CB TEMPO 0915 2000 SHRA SCT008 SCT012CB=

FCRS40 010400 ULLI 010445Z 010615 28007MPS 9999 BKN020CB
TEMPO 0612 2500 SHRA BKN010CB BECMG 1213 33007MPS=

FCEE31 010400 UUEE 010420Z 010615 20005G10MPS 9000 SCT010
TEMPO 1015 2000 SHRA SCT007 BKN010 SCT020CB=

FCRS10 010400 UUOB 010445Z 010615 05006MPS 9999 BKN020CB
BKN030 TEMPO 0615 VRB15MPS 2000 TSRA SQ BKN010CB=

FCRA10 010500 USTR 010500Z 010716 22009MPS 9999 BKN020CB
TEMPO 0716 VRB16VPS 1500 TSRA BKN020CB=

FCRA10 010500 UTNN 010540Z 010716 06005G10MPS CAVOK
T38/12Z 530009 TEMPO 0713 SCT050=

Звітні матеріали

1. Тексти телеграм погоди (в робочому зошиті).
2. Огляд синоптичних і погодних умов (в зошиті).
3. Заповнені бланки АВ-5 та АВ-5а.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИКОРИСТАННЯ АЕРОЛОГІЧНОЇ ДІАГРАМИ ТА ВЕРТИКАЛЬНОГО РОЗРІЗУ АТМОСФЕРИ ДЛЯ АНАЛІЗУ УМОВ ПОГОДИ ПРИ МЕТЕОРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ АВІАЦІЇ

Мета роботи: навчитися правильно складати та обробляти аерологічну діаграму та вертикальні розрізи атмосфери, вміти використовувати їх для оцінки погодних умов при метеорологічному забезпеченні польотів.

Велику допомогу спеціалістам при аналізі синоптичних процесів і прогнозі окремих метеорологічних величин та явищ погоди надає аерологічна діаграма (АД) (Додаток Г). Вона дає уявлення про вертикальний розподіл вітру, температури і вологості повітря в нижній та середній тропосфері. За допомогою АД можна визначити термодинамічні характеристики повітряної маси, шари хмарності, положення фронтальної зони над пунктом радіозондування. АД дає можливість спрогнозувати виникнення конвективних явищ, обледеніння літальних апаратів, максимальну температуру повітря та інші характеристики.

Вертикальні розрізи атмосфери призначені для більш наглядного уявлення умов погоди за будь-яким маршрутом. Просторові розрізи будуються за результатами температурно-вітрового зондування атмосфери в один і той же час на декількох аеродромах.

Обробка аерологічної діаграми

1. Розкодувати за допомогою коду КН-04 дані радіозондування і записати в табл. 4.1 (позначки загальноприйняті).

Таблиця 4.1 – Дані радіозондування по пунктах _____

Н, м	p, гПа	T, °C	D, °C	Td, °C	dd, град	ff, м·с ⁻¹	U, %

2. Побудувати криву стратифікації (червоною лінією) за даними про тиск та температуру повітря.

3. За даними точки роси та тиску побудувати депеграму (чорним пунктиром).

4. В крайньому лівому стовпчику АД нанести дані про розподіл вітру з висотою.

5. Розрахувати відносну вологість за формулою $U = q_{\phi} / q_{\max} \cdot 100\%$,

де q_ϕ - фактична масова частка водяної пари, визначається по ізограмі, яка проходить через точку роси на певному рівні; q_{\max} - масова частка водяної пари при насиченні, визначається по ізограмі, що проходить через значення температури повітря на цьому ж рівні. Надписати значення U (%) зліва від депеграми.

6. Надписати висоти основних ізобаричних поверхонь в кілометрах праворуч від кривої стратифікації.

7. Визначити рівень конденсації та побудувати криву стану (суцільною чорною лінією).

Крива стану показує адіабатичні зміни стану частки повітря, яка рухається вертикально. Крива стану будується від поверхні землі у випадку нормального розподілу температури з висотою. При наявності біля поверхні землі затримуючого шару (інверсія, ізотермія) її побудова починається з верхньої межі цього шару.

Зміна температури частки, яка підіймається адіабатично до рівня конденсації відбувається за сухоадіабатичним законом (суха адіабата), а вище рівня конденсації - за вологадіабатичним законом (волога адіабата).

Рівень конденсації визначається як висота перетину сухої адіабати, що проведена від температури на початковому рівні, та ізограми, що проведена від точки роси на тому ж рівні.

8. Відмітити рівні, на яких знаходяться ізотерми 0, -10, -20 °C. На висотах, які відповідають значенням температури повітря, праворуч від кривої стратифікації проводять червоним кольором лінії та надписують значення температури.

Аналіз аерологічної діаграми при метеорологічному забезпеченні польотів

1. Позначити зони з позитивною та негативною енергією нестійкості. Чим більша різниця між температурою частки, що підіймається, та температурою навколишнього повітря, тим більше прискорення, якого набуває частка. Але для характеристики вертикальної стійкості великого шару повітря використовувати вертикальний градієнт температури γ (°C/100 км) складно, тому що він змінюється з висотою. Крім того, γ не є мірою енергії та характеризує тільки якісну кінетичну енергію вертикального переміщення.

Для характеристики запасу стійкості, яким володіє нестійкий шар повітря, вводять поняття про енергію вертикальної нестійкості.

Енергія вертикальної нестійкості - це та енергія, яка звільняється або витрачається при переміщенні одиниці маси повітря з одного рівня на інший, або та робота, яку може здійснити підймальна сила (сила Архімеда), що виникає при вертикальному піднятті одиничної маси повітря.

Якщо порівняти положення кривих стратифікації та стану, то можна зробити висновок про енергію нестійкості. Якщо крива стану розташовується ліворуч від кривої стратифікації, це свідчить про те, що температура частки буде нижчою за температуру навколишнього повітря. В цьому випадку умов для вертикального переміщення частки не існує, тому і енергія нестійкості буде негативною. Для розвитку вертикального переміщення потрібний приток енергії.

Якщо крива стану розміщується праворуч від кривої стратифікації, то в цьому разі температура частки вища за температуру навколишнього повітря. Тоді існують умови для підняття частки ввєрх без дії зовнішніх сил - енергія нестійкості позитивна.

Площу між кривими стану та стратифікації на бланку аерологічної діаграми заштриховують: при позитивній енергії нестійкості – червоним кольором, при негативній - синім.

2. Позначити нижню та верхню межі шарів інверсії (жовтими лініями); визначити товщину шарів інверсії або потужність ΔH (м); різницю температури ΔT ($^{\circ}\text{C}$) на нижній та верхній межі інверсії; характер інверсії.

Нормальний розподіл температури в атмосфері - її поступове зменшення з висотою. Але існують шари великої або малої потужності, в яких зменшення температури дуже сповільнено або зовсім призупинено, чи спостерігається зростання температури з висотою. Такі шари мають велику стійкість та перешкоджають розвитку вертикальних рухів в атмосфері. Тому такі шари звуться *затримуючими*.

Для інверсії градієнт температури $\gamma = -\partial T/\partial z < 0$ $^{\circ}\text{C}/100$ м, для ізотермії $\gamma = 0$ $^{\circ}\text{C}/100$ м.

Розрізняють приземні інверсії, що починаються від поверхні землі, та інверсії, які піднесені над поверхнею землі.

Потужність інверсії (ΔH) змінюється від кількох метрів до 2...3 км.

Інверсії утворюються внаслідок різних причин. До приземних інверсій відносяться: радіаційні, орографічні, теплого повітря, весняні або снігові.

Радіаційні інверсії утворюються біля поверхні землі, коли остання дуже вихолоджується за рахунок радіаційного випромінювання. Це відбувається вночі при відсутності хмар та при слабкому вітрі.

Орографічні інверсії - це різновид радіаційних, в яких радіаційний ефект посилюється особливостями орографії. Так, в умовах пагористої місцевості, повітря, що охолоджується, стікає з підвищених районів в низовини, де вихолоджування сильніше із-за послабленого обміну повітряних мас.

Інверсії теплого повітря виникають при адвекції його на холодну поверхню землі. Тоді нижні шари повітря, що надходять, охолоджуються сильніше, ніж верхні.

Весняні або снігові інверсії пов'язані з адвекцією теплого повітря на поверхню землі, яка вкрита снігом. Розвитку інверсій сприяє велика витрата тепла, що віддається повітрям на танення снігу.

До піднесених інверсій відносяться інверсії тертя, динамічні, стискання, фронтальні.

Інверсії тертя виникають на висотах декількох сотень метрів над землею на верхній межі шару тертя, тобто шару атмосфери, де має місце інтенсивний турбулентний обмін. Внаслідок турбулентного перемішування в шарі тертя виникає вертикальний градієнт, який майже дорівнює адіабатичному. Зниження температури в верхній частині шару сприяє розриву температури на його межі та утворенню інверсії.

Динамічні інверсії розвиваються в шарах з великими швидкостями вітру. Повітря, яке швидко переміщується, засмоктує повітря з сусідніх шарів, де швидкість вітру менша. При цьому на верхній межі шару збільшених швидкостей виникають низхідні рухи, а на нижній - висхідні. В зоні низхідних рухів температура адіабатично підвищується, в зоні низхідних - адіабатично знижується. Внаслідок такого перерозподілу температури і утворюється температурна інверсія.

Інверсія стискання (антициклонічна) або осідання розвивається в антициклонах, з якими пов'язані низхідні вертикальні рухи в середній тропосфері, а також розтікання повітря від центру до периферії в нижньому шарі. При стисканні початковий нестійкий стан стає ще більш нестійким, а стійкий - ще більш стійким.

Інверсії стискання відрізняються значною вертикальною потужністю та горизонтальною протяжністю, тому що вони пов'язані з великомасштабним утворенням - антициклоном. Розвиваються інверсії частіше на висоті 1...2 км; відрізняються не тільки підвищенням температури, але й висушуванням повітря, що спускається (відносна вологість в шарі інверсії знижується до 30 %). Під такою інверсією можуть з'являтися серпанок, туман, шаруваті хмари.

Фронтальні інверсії виникають у фронтальних зонах внаслідок нашарування теплого повітря на холодне.

3. Виділити зони хмарності.

Хмарні шари та безхмарні прошарки на аерологічній діаграмі визначаються за значеннями дефіциту точки роси на різних рівнях.

На тих рівнях, де реальний дефіцит точки роси менший або дорівнює значенням, що наведені в табл. 4.2, слід вказувати хмарність, а на рівнях, де дефіцит точки роси більший за значення табл. 4.2, хмарність не вказують.

Якщо дефіцит точки роси знаходиться між критичними значеннями, наведеними в графах табл. 4.2, то для визначення хмарних шарів необхідно використовувати додаткову інформацію.

Верхня та нижня межі кожного хмарного шару виділяються хвилястою лінією синього кольору. Також указуються форми хмар, їх потужність.

4. Відмітити зони опадів, якщо вони існують, вертикальними зеленими штрихами від нижньої межі хмарного шару, а також вказати вид опадів.

Таблиця 4.2 - Середні значення дефіциту точки роси ($^{\circ}\text{C}$), при яких спостерігається хмарність або вона відсутня

р, гПа	Хмарність		р, гПа	Хмарність	
	спостерігається	відсутня		спостерігається	відсутня
950	≤ 1.6	≥ 4.5	600	2.2	8.0
900	1.5	4.5	550	2.4	8.2
850	1.5	5.2	500	2.5	8.2
800	1.7	6.0	400	2.8	8.3
750	1.8	7.0	300	3.2	8.5
700	1.9	7.2	200	4.0	9.0
650	2.0	8.0			

5. Помітити тропопаузу за даними зондування коричневою хвилястою лінією, вище якої зробити надпис «Тропопауза» та нанести значення температури на її рівні.

6. Визначити зони конденсаційних слідів за літаком. Конденсаційні сліди за літаком утворюються в шарі, нижня межа якого розташована на рівні перетину кривої стратифікації з ізограмою $0,15 \text{ г}\cdot\text{кг}^{-1}$, а верхня - на рівні перетину кривої стратифікації з ізограмою $0,10 \text{ г}\cdot\text{кг}^{-1}$. Обидві межі шару на аерологічній діаграмі позначають хвилястою синьою лінією, а в середині шару проводять спіралеподібну лінію (рис. 4.1).

7. Позначити верхню та нижню межі фронтального шару. Про наявність фронту над пунктом радіозондування можна зробити висновок за характером кривих стратифікації та точок роси. На кривій температури виявляється затримуючий шар, що відповідає фронту. Це може бути інверсія, ізотермія, або шар повільного падіння температури з висотою. В цьому шарі одночасно спостерігається збільшення масової частки водяної пари. Крива розподілу точок роси при перетині фронту відчуває зміни, подібні змінам температури. Криві точок роси та стратифікації з висотою наближуються. В теплом повітрі над поверхнею фронту вологість з висотою зменшується повільніше, вище хмар - швидше. Вночі над верхньою межею хмар утворюється радіаційна інверсія, при цьому на кривій точок роси злам не спостерігається. Масова частка водяної пари в теплом повітрі над фронтальною поверхнею дещо більша, ніж в холодному повітрі, що також є ознакою фронту.

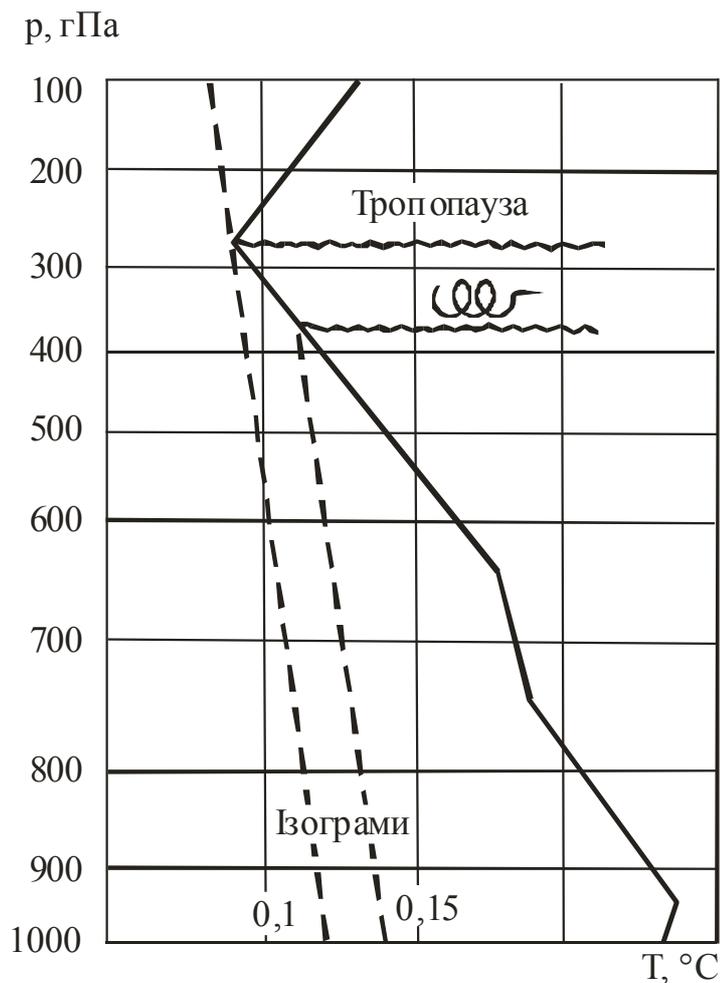


Рис. 4.1 - Визначення шарів утворення конденсаційних слідів.

Фронтальну поверхню за даними аерологічного зондування атмосфери можна також виявити у різкій зміні напрямку вітру з висотою: вліво - на холодному фронті, вправо - на теплому. У разі малорухомих фронтів напрямку вітру не змінюється, різко змінюється його швидкість.

За висотою, до якої відносяться характерні для фронту злами кривих стратифікації та точок роси, можна приблизно визначити відстань від пункту зондування до лінії фронту біля поверхні землі за $\text{tg } \alpha$ - кутом нахилу фронтальної поверхні. Наприклад, при $\text{tg } \alpha = 0,01$ та при висоті нижньої межі затримуючого шару на кривій температури 1 км, лінія фронту знаходиться в 100 км від пункту зондування.

8. Позначити шари обледеніння знаком (червоним кольором), від якого вниз та вверх проводять стрілки, що вказують товщину шару обледеніння. Інтенсивність обледеніння позначають таким чином:

Ψ^0 - слабе – швидкість наростання льоду $0,5 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$;

Ψ - помірне – $0,6 - 1,0 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$;

Ψ^2 - сильне – $1,1 - 2,0 \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}$.

Для того, щоб за допомогою аерологічної діаграми визначити шар обледеніння, необхідно:

- визначити межі хмар та положення ізотерм 0, -10, -20 °С. Обледеніння літальних апаратів найбільш імовірно в краплинних переохолоджених хмарах (St, Sc, Cu, нижня частина Ns та Cb) при температурі повітря 0...-10 °С. В шарі мішаних хмар (As, Ac, верхні частки Ns) при температурах -10...-20 °С обледеніння можливе. Малоімовірне обледеніння в шарі вище ізотерми -20 °С, тому що там переважають льодові (кришталеві) хмари (Ci, Cs);

- звернути увагу на дефіцит точки роси. Якщо він швидко зростає з висотою, то обледеніння малоімовірне;

- визначити наявність піднесених затримуючих шарів. Якщо в цьому шарі дефіцит точки роси зменшується з висотою і досягає найменшого значення біля нижньої межі шару, то зона імовірного обледеніння знаходиться під затримуючим шаром. Якщо всередині затримуючого шару дефіцит точки роси продовжує зменшуватися з висотою, то обледеніння можливе як під шаром, так і всередині нього;

- проаналізувати криві стратифікації та точок роси. Якщо посилюється падіння температури з висотою (збільшується γ), і одночасно зменшується дефіцит точки роси, то існує велика імовірність обледеніння. До висоти 2 км обледеніння можливе при умові $T \leq -8 (T - T_d)$.

9. Визначити рівень конвекції, як рівень перетину кривих стратифікації та стану при переході від позитивної енергії нестійкості до негативної.

10. Визначити можливість виникнення гроз. У тих випадках, коли різниця висот рівня конденсації і конвекції перевищує 4500 м, слід очікувати грози.

11. Відмітити шари бовтанки вертикальною хвилястою лінією праворуч від кривої стратифікації. Поряд з лінією словами вказують інтенсивність бовтанки.

12. Визначити максимальну температуру повітря. За даними радіозонду 00 СГЧ на кривій стратифікації від рівня розповсюдження сухоадіабатичного градієнта (табл. 4.3) треба опуститися вздовж сухої (вологої) адіабати для теплого (холодного) періоду року до точки, яка відповідає тиску біля поверхні землі. Визначена таким чином точка відповідає значенню максимальної температури повітря (T_{\max}) при безхмарному стані атмосфери. Якщо існують хмари, то

$$T_{\max \text{ хм.}} = T_0 + m \Delta T,$$

де $\Delta T = T_{\max} - T_0$; T_0 - температура біля поверхні землі в строк зондування; m - коефіцієнт, який враховує прогностичну кількість хмар та їх висоту (рис. 4.2).

13. Визначити максимальну швидкість вітру біля поверхні землі під час грози. Для цього треба розрахувати на рівні 600 гПа різницю температур (ΔT) на кривих стратифікації та вологій адіабаті, яку проведено від значення максимальної температури. Максимальна швидкість вітру:

$$V_{\max} = 2 \Delta T.$$

Таблиця 4.3 - Висота рівня розповсюдження сухоадіабатичного градієнта (км)

місяць	початок місяця	кінець місяця	місяць	початок місяця	кінець місяця
січень	0,4	0,4	липень	2,5	2,0
лютий	0,4	0,7	серпень	2,0	1,5
березень	0,7	1,0	вересень	1,5	1,0
квітень	1,0	1,5	жовтень	1,0	0,7
травень	1,5	2,0	листопад	0,7	0,4
червень	2,0	2,5	грудень	0,4	0,4

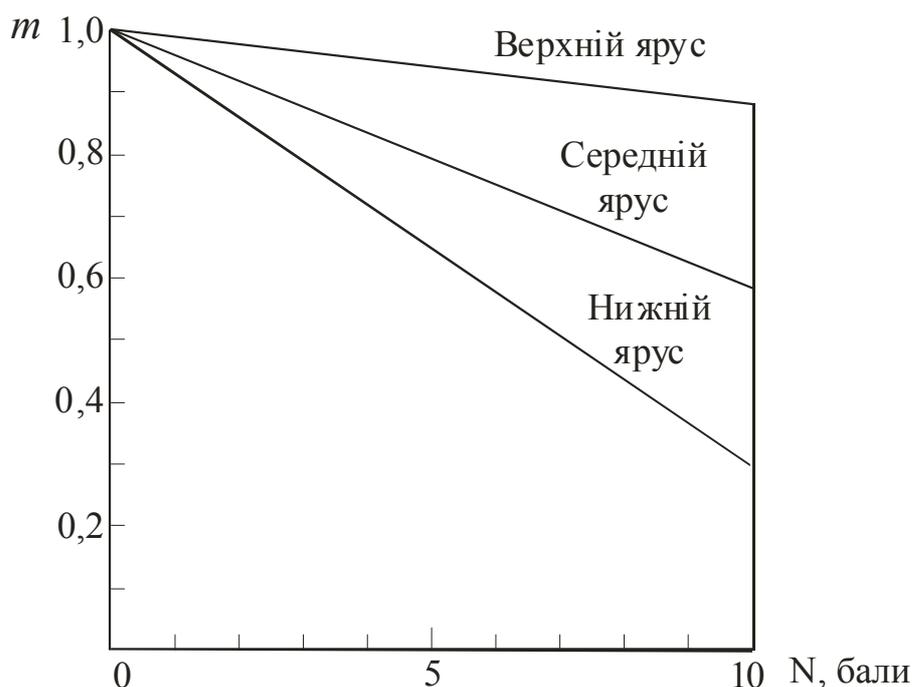


Рис. 4.2 - Графік для урахування кількості хмарності при прогнозі максимальної температури повітря.

14. Визначити температуру туманоутворення. Для її знаходження необхідно від ізограми, яка проходить через точку роси біля поверхні землі, відступити на величину Δq (табл. 4.4) і біля цієї ізограми визначити температуру туманоутворення. Під назвою кожного пункту нанести фактичну погоду з приземної карти.

Таблиця 4.4 - Кількість сконденсованої вологи Δq , що обумовлює утворення туману при різних значеннях точки роси

$T_d, ^\circ\text{C}$	-20...-10	-10...0	0...10	≥ 10
$\Delta q, \text{‰}$	0,1...0,2	0,2...0,4	0,4...0,6	0,6...0,8

Побудова та аналіз вертикального розрізу атмосфери

При метеорологічному забезпеченні польотів надзвукових транспортних літаків (НТЛ) вертикальні розрізи складаються завжди. В окремих випадках вони можуть складатися при забезпеченні польотів за трасами великої протяжності і польотів за міжнародними трасами, а також при забезпеченні польотів в певному районі.

На АМЦ вертикальні розрізи іноді складаються за постійними напрямками (наприклад, південний, східний і т.п.). Розрізняють три типи вертикальних розрізів: просторові, часові і просторово-часові розрізи.

Просторові розрізи будуються за результатами температурно-вітрового зондування атмосфери, а також за даними інструментальних і візуальних спостережень в один і той же момент часу в декількох пунктах. *Часові розрізи* складаються за даними спостережень і вимірювань в одному пункті. *Просторово-часові розрізи* є графічним зображенням авіаційних прогнозів погоди за маршрутами польотів.

У даній роботі розглядаються правила побудови та аналіз тільки просторових вертикальних розрізів, оскільки часові і просторово-часові розрізи при метеорологічному забезпеченні авіації використовуються вкрай рідко.

1. За обраним маршрутом помітити відповідно до горизонтального масштабу бланка вертикального розрізу атмосфери не менше трьох проміжних пунктів. З урахуванням масштабу за висотою, використовуючи дані радіозондування, приземну карту та карти баричної топографії АТ-850, АТ-700, АТ-500, АТ-400 та АТ-300, над обраним проміжним пунктом нанести таку інформацію за схемою (рис. 4.3). Під назвою кожного пункту нанести фактичну погоду з приземної карти.

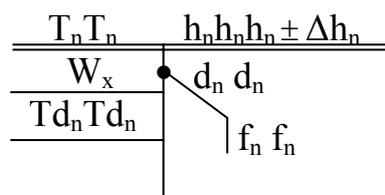


Рис. 4.3 - Схема нанесення даних на бланк вертикального розрізу.

2. Перенести на бланк вертикального розрізу положення атмосферних фронтів за допомогою синоптичної карти та карт баричної топографії. У тих випадках, коли положення фронту за картами баричної топографії визначити майже неможливо, необхідно використовувати середні характеристики: нахил поверхні теплого фронту приблизно дорівнює 1/100, холодного – 1/50. Лінія фронтальної поверхні на розрізі проводиться до тих висот, на яких вона спостерігається на картах баричної топографії в полях хмарності, температури, вітру. Фронтальна зона виділяється подвійною лінією, а простір між нею штрихується кольором, відповідно до типу фронту.

3. Провести ізотерми (червоним кольором) через кожні 10 °С, а в області тропопаузи через 5 °С.

4. Провести ізотахи (зеленим кольором), починаючи зі значень швидкості вітру 100 км·год⁻¹, через 40 км·год⁻¹. В області найбільших значень надписується максимальна швидкість вітру (червоним кольором).

5. Провести лінію тропопаузи (коричневим або фіолетовим кольором).

6. За даними температурно-вітрового зондування над кожним пунктом визначити хмарні шари, використовуючи табл. 4.2. Верхня та нижня межі хмар позначаються синьою лінією, зону хмарності зафарбовують синім кольором. На рівні кожного шару надписується назва хмар.

7. Визначити та вказати небезпечні явища біля поверхні землі та на висотах.

Контрольні запитання

1. З якою метою будується аерологічна діаграма?
2. Як по аерологічній діаграмі визначається:
 - рівень конденсації та конвекції;
 - товщина конвективно-нестійкого шару;
 - розшарування хмарності;
 - зони утворення конденсаційних слідів за літаком;
 - зони можливого обледеніння повітряних суден;
 - максимальна температура повітря біля поверхні землі;
 - можливість виникнення гроз та бовтанки;
 - висота знаходження фронтальної зони над пунктом зондування.
3. Які види вертикальних розрізів атмосфери складаються на АМСЦ?
4. Для яких цілей складаються вертикальні розрізи?

Вихідні матеріали

1. Бланк АД.
2. Бланк вертикального розрізу.
3. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери (табл. 4.5)
4. Синоптичні карти, що відповідають строку зондування (приземна, АТ-850, АТ-700, АТ-500, АТ-300 гПа).

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. - Л.:Гидрометеиздат, 1985. - С. 184 - 203.
3. Практикум з синоптичної метеорології // Під ред. Івус Г.П., Іванової С.М. – Одеса: ТЭС, 2004. – 419 с.
4. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.:Гидрометеиздат, 1985. - С. 161 - 203.
5. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 701 с.

Завдання

1. Розкодувати дані температурно-вітрового зондування атмосфери.
2. Нанести ці дані на бланк АД, проаналізувати їх.
3. Нанести дані зондування на бланк вертикального розрізу.
4. Обробити дані побудованого розрізу.
5. Проаналізувати умови польотів за певним маршрутом, можливість виникнення обледеніння та бовтанки.

Звітні матеріали

1. Складена і оброблена аерологічна діаграма.
2. Заповнена табл. 4.1.
3. Проаналізований вертикальний розріз.

Таблиця 4.5 – Дані температурно-вітрового зондування атмосфери за 19.02.2001 р.

Мюнхен

ТТАА 18231 10866 99978 01222 31002 00300 // // 92926 02126 34506
85591 07506 33004 70099 08759 01020 50563 25556 01027 40721 37957
01034 30913 52557 01037 25029 60359 00535 20167 65161 01026 15340
66564 34514 10594 58581 35014 88174 68763 34015 77290 01038 40506=
ТТВВ 1823/ 10868 00997 01222 11995 00021 22911 03728 33900 03729
44174 68763 21212 00978 31002 11925 34506 22852 32010 33754 36021
44290 01038 55174 34015=

Будапешт

ТТАА 18231 12843 99007 02256 33005 00200 01656 33009 92822 03541
35018 85484 08357 36021 70958 19166 01023 50541 32568 01042 40694
44362 01048 30884 52169 01057 25001 551// 00542 20143 569// 34535 15329
531// 34019 10588 577// 35510 88284 53769 01053 77314 01060 40612=
ТТВВ 1823/ 12843 00007 02256 11001 01656 22852 08156 33450 451// 44284
53769 21212 00007 33005 11925 35018 22800 36026 33500 01042 44284
01053 55314 01060=

Відень

ТТАА 19001 11035 99006 04048 31006 00245 03456 31007 92871 02527
32519 85535 08500 34018 70019 13770 36026 50549 29167 01539 40706
38761 01553 30898 51958 01052 25014 58761 01052 20154 60566 36040
15334 61376 32021 10591 583// 33505 88258 58759 01052 88150 61376 32021
77401 01553 40601=
ТТВВ 1900/ 11035 00006 04048 11982 03456 22925 02527 33800 10520
44779 10538 55258 58759 66150 61376 21212 000006 31006 11825 34518
22704 36026 33401 01553=

Легіоново (Варшава)

ТТАА 19001 12374 99014 02322 31003 00206 02723 32013 92819 07314
00518 85480 07367 02020 70966 15571 02523 50542 33570 02033 40696
41357 01555 30886 54750 01562 25001 57559 01559 20142 54778 01533
15326 54782 01524 10585 59581 33522 88262 59756 01562 77272 01563
40212=
ТТВВ 1900/ 12374 00014 02322 11000 02723 22950 33855 06967 44700
15571 55500 33569 66262 59756 21212 00014 31003 11000 32013 22930
36019 33500 02033 44272 01563=

Вроцлав

ТТАА 19001 12425 99017 01342 32005 00253 00050 31514 92873 03950
00510 85533 10115 35510 70028 13571 01523 50551 27356 01540 40708
39343 00547 30899 52759 01049 25014 60361 01051 20152 60566 01035
15331 59581 01525 10589 56182 02012 88228 65157 00552 88186 64166
35531 77232 00553 40519=
ТТВВ 1900/ 12425 00017 01342 11970 02450 22925 03950 33669 17570
44400 41357 55262 59756 21212 00017 32005 11700 01523 22232 00553
33227 00050 44186 35531=

Белград

ТТАА 19001 13275 99998 02656 34007 00183 // // 92808 02530 34521
85472 07711 35519 70952 18906 33520 50537 31973 33039 40692 427// 34037
30883 471// 33027 25002 505// 31530 20146 515// 33522 15331 555// 32020
10590 591// 29510 88357 475// 33532 88227 541// 33036 77465 33540 40904
77225 33536 41318=
ТТВВ 1900/ 13275 00998 02656 11936 02657 22925 02530 33715 18910
44691 18916 55357 475// 66227 54// 21212 00998 34007 11850 35519 22500
33039 33465 33540 44357 33532 55225 33536=

Бухарест

ТТАА 19001 15420 99002 02010 00000 00119 02013 00000 92746 00933
33502 85414 06323 33510 70899 17316 32512 50534 34314 26520 40688

43567 25035 30877 52172 25535 25995 48784 27524 20141 51184 28022
15329 51184 30514 10589 56782 30016 88285 53570 26038 77287 26038
40719=
ТТВВ 1900/ 15420 00002 02010 11940 02014 22850 06323 33819 02125
44400 43567 55370 43560 66285 53570 21212 00002 00000 11000 00000
22925 33502 33510 26020 44287 26038=

Афіни

ТТАА 19001 16716 99015 10837 32004 00134 11056 27005 92778 05444
28514 85463 00313 29526 70991 08360 28523 50551 27357 29028 40708
38964 30524 30900 509// 28522 25017 545// 27545 20159 553// 26556 15344
557// 26552 10598 605// 27052 88263 557// 27037 77200 26556 41002=
ТТВВ 1900/ 16716 00015 10837 11975 13436 22925 05444 33690 09566
44263 557// 21212 00015 32004 11000 27005 22840 29527 33500 29028 44200
26556=

Стамбул

ТТАА 19002 17062 99010 07629 23010 00124 06631 22512 92759 02422
24528 85438 01950 25527 70951 12104 25024 50544 28744 26049 40700
40360 26045 30891 541// 27050 25007 555// 28047 20150 525// 26062 15336
545// 26580 88272 571// 27046 77160 26585 415//=
ТТВВ 1900/ 17062 00010 07629 11970 02424 22925 02422 33400 40360
44350 40560 55272 571// 21212 00010 23010 11920 24529 22710 25024 33510
26049 44300 27050 55272 27046 66160 26585 77150 26580=

Анкара

ТТАА 19001 17130 99909 01257 24002 00110 // // 92747 // // 85427
00557 25016 70948 11761 25533 50545 28944 25531 40701 42150 26026
30890 511// 27030 25008 539// 27045 20152 521// 26555 15337 541// 26551
10593 623// 26055 88343 505// 26028 88244 547// 27051 77114 26562 40910=
ТТВВ 1900/ 17130 00909 01257 11849 00956 22503 28148 33343 505// 44244
547// 55100 623// 21212 00909 24002 11840 25518 22410 26526 33343 26028
44244 27051 55114 26562 66100 26055=

Москва

ТТАА 19001 27612 99981 03114 00000 00030 // // 92660 05916 32503
85310 10316 30505 70770 22322 33005 50516 40142 25515 40665 49550
28513 30852 52556 33510 25970 52358 34512 20114 50764 35512 15301
51969 34515 10561 55969 36018 88379 51356 29511 7999=
ТТВВ 1900/ 27612 00981 03114 11900 06716 22885 06316 33850 10316
44379 51356 55100 55969 21212 00981 00000 11950 32502 22400 25515
33290 28505 44379 29511 55100 36018=

Київ

ТТАА 19001 33345 99987 04320 25002 00060 // // 92680 07726 34009
85330 12534 34008 70780 23346 31505 50514 41540 21506 40664 46559
31005 30853 49962 28505 25972 51162 31505 20118 50963 33510 15304
53364 32010 10562 58363 33010 88351 49160 29006 77999=
ТТВВ 19003 33345 00987 04320 11958 06527 22934 07127 33842 13131
44820 13934 55511 41137 66326 50161 77163 52164 88110 56763 21212
00987 25002 11983 28503 22958 32510 33842 34509 44661 30505 55608
27007 66558 27005 77511 21506 88496 21506 99482 25003 11468 33002
22454 36003 33409 31504 44351 29006 55326 31504 66302 28005 77279
31005 88222 33012 99110 33010 31313 02703 82330 41414 00900=

Харків

ТТАА19002 34300 99988 00922 20004 00050 // // 92670 04720 22510
85330 08915 21510 70800 19512 23516 50524 34117 23523 40677 45323
24529 30863 57522 25032 25978 55127 25020 20122 52537 27015 15309 541//
10567 583// 88306 57520 25035 77331 24537=
ТТВВ 19003 34300 00988 00922 11982 02520 22821 10713 33700 19512
44628 22517 55386 47118 66306 57520 77283 57922 88224 52330 99111 575//
21212 00988 20004 11982 20006 22887 23508 33821 21012 44646 24016
55503 23523 66306 25035 77224 26014 88177 29015 31313 02703 82330
41414 855//=

Сімферополь

ТТАА19001 33946 99976 02431 20006 00078 // // 92710 00022 21012
85386 03913 21015 70895 14115 23516 50537 30116 23523 40692 407// 24028
30882 553// 25032 25997 609// 26535 20138 511// 27027 15324 521// 27515
10583 575// 27517 88249 611// 26535 88120 567// 27514 77250 26535 40206=
ТТВВ 19003 33946 00976 02431 11694 14715 22668 15715 33500 30116
44437 39118 55415 39318 66279 591// 77249 611// 88236 557// 99219 561//
11203 509// 22154 515// 33120 567// 44111 555// 21212 00976 20006 11897
21516 22881 21018 33747 21512 44668 25016 55546 23521 66304 25032
77250 26535 88144 27513 31313 02803 82330 41414 855//=

Шепетівка

ТТАА 19001 33317 99977 03119 31506 00090 // // 92700 09118 33511
85360 13121 35515 70810 21923 00519 50520 39713 02530 40669 47518
02032 30858 50942 36017 25977 50356 35018 20122 50158 35515 15308
53159 33517 10569 57360 34013 88412 47113 02035 77412 02035 40209=
ТТВВ 19003 33317 00977 03119 11962 06923 22780 16722 33611 28915
44471 42713 55444 45912 66304 51138 77178 51959 88103 56760 21212
00977 31506 11962 32009 22890 35014 33412 02035 44164 33012 55130
35014 66103 33514 31313 02703 82330 41414 855//=

Львів

ТТАА 19001 33393 99977 03142 34020 00146 // // // // 92762 07132 // // // 85417
11529 00522 70879 20721 00525 50529 38129 02530 40679 467// 02541 30868
503// 02036 25986 525// 01529 20131 509// 01523 15317 529// 36015 10576
567// 34515 88377 485// 02545 77377 02545=

ТТВВ 19003 33393 00977 03142 11905 08531 22456 437// 33440 433// 44377
485// 55344 485// 66259 525// 77248 525// 88228 505// 99210 515// 11166 499//
22154 535// 33148 523// 44136 527// 55132 551// 66117 541// 21212 00977
34020 11// // // 22905 35518 33830 01021 44679 01026 55576 02526 66377
02545 77180 01520 88143 35514 31313 02803 82330 41414 8052/=

Одеса

ТТАА 19007 33837 99002 00403 31504 00061 002// // // // 92679 047// 34510
85340 077// 32010 70824 163// 23009 88999 77999=

ТТВВ 19003 33837 00002 00403 11921 049// 22784 113// 33682 177// 44563
289// 21212 00002 31504 11940 35012 22790 30507 33760 26508 44697 22509
55595 23010 31313 02803 82330 41414 873//=

Ужгород

ТТАА 19001 33631 99004 01111 00000 00150 01914 // // // // 92770 05709 36016
85420 10906 35519 70880 20957 00520 50527 42128 03031 40678 42559
02047 30867 50760 01537 25986 51559 01029 20130 503// 35525 15318 525//
33512 10575 583// 34010 88332 50159 01536 88132 563// 33017 77417 02548
41507=

ТТВВ 19003 33631 00004 01111 11945 04310 22767 17302 33747 18506
44671 23358 55600 30329 66490 43326 77448 42556 88417 39758 99359
48759 11226 51759 22154 517// 33113 575// 21212 00004 00000 11994 32005
22969 34511 33921 36017 44831 35519 55584 02528 66462 02539 77417
02548 88244 01028 99226 35527 11210 35029 22194 36022 33180 35521
44166 36019 55154 34513 66143 32012 77113 34014 31313 02703 82330
41414 8732/=

Єреван

ТТАА 19001 37789 99884 00857 07501 92773 // // // // 85457 00060 18504
70953 11146 23505 50550 26165 26020 40708 38556 25524 30899 515// 26538
25016 581// 27043 20156 565// 26538 15340 261// 26536 10593 629// 26534
88239 589// 27540 88116 615// 26032 77265 27044 40905=

ТТВВ 1900/ 37789 00884 00857 11860 00258 22850 00060 33239 589// 44116
615// 55100 629// 21212 00884 07501 11860 18003 22800 24006 33500 26020
44265 27044 55239 27540 66116 26032 77100 26534=

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ АВІАЦІЇ

Мета роботи: ознайомлення зі способами отримання радіолокаційної метеорологічної інформації, вивчення методів аналізу даних спостережень та аналізу і прогнозу небезпечних для авіації явищ погоди.

У теперішній час в оперативній синоптичній практиці поряд з аеросиноптичними даними та даними метеорологічних супутників використовується інформація метеорологічних радіолокаторів (МРЛ) про хмари, опади, а також про небезпечні (НЯ) та стихійні (СГЯ) гідрометеорологічні явища. Дані МРЛ дозволяють синоптику більш оперативно та детально аналізувати синоптичні процеси та своєчасно складати попередження про виникнення СГЯ, що пов'язані з конвекційними хмарами.

Використання радіолокаційної метеорологічної інформації для діагнозу та прогнозу погоди особливо ефективно у районах з малою мережею метеорологічних станцій.

МРЛ дозволяють у будь-який час доби та за будь-яких погодних умов одержати інформацію про хмари, явища погоди на площі у 1,5...2 рази більшій, ніж при візуальних спостереженнях. Ця інформація незамінна вночі та при суцільній низькій хмарності.

При вирішенні метеорологічних задач МРЛ дозволяє визначити:

- геометричні розміри та місце знаходження хмар, а також пов'язані з ними явища погоди, у тому числі й небезпечні (зливи, грози, град);
- швидкість та напрям переміщення зон радіолуни, купчасто-дощових хмар (Cb) та опадів облогового характеру;
- верхню межу радіолуни усіх виявлених хмар і нижню межу хмар верхнього та середнього ярусів, а також міжхмарні простори;
- еволюцію купчасто-дощових хмар;
- тенденцію характеристик радіолуни окремих хмар та системи хмар за останній строк спостереження;
- висоту нульової ізотерми при наявності шарувато-дощових хмар;
- миттєву максимальну інтенсивність опадів у радіусі до 90 км від МРЛ;
- площі, що зайняті радіолуною опадів.

Неможливо визначити висоту нижньої межі хмар меншу за 500 м, коли з них випадають опади.

Метеорологічна радіолокаційна інформація

У теперішній час при обслуговуванні авіації використовуються радіолокаційні карти, які складаються за основні синоптичні строки (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 СГЧ): карти за даними одного МРЛ, комплексні карти за даними сітки МРЛ та метеорологічних станцій.

Радіолокаційні дані одного МРЛ

Спостереження за допомогою одного МРЛ під час польотів проводяться кожну годину. Якщо виявляються осередки в радіусі до 100 км, то спостереження на МРЛ відбуваються у режимі "Шторм" - через кожні 30 хв про них інформується синоптик, який передає ці відомості диспетчеру круга, посадки та підходу; у вигляді карт дані передаються на АМСЦ диспетчеру.

Радіолокаційна інформація оператором МРЛ наноситься на спеціальні бланки форми 1 та 2, що складаються з двох частин: ближньої зони - розпізнавання хмарності на відстані до 40 км та дальньої зони - на відстані від 30 до 300 км.

В ближній зоні, де визначається якісна картина радіолуни хмар (значення відображення на трьох рівнях: 1000 м над поверхнею землі - $\lg Z_1$; на рівні ізотерми 0°C - $\lg Z_2$, на рівні 2,0...2,5 км вище ізотерми 0°C - $\lg Z_3$; $\lg Z_1$ використовується частіше у холодний період року, $\lg Z_2$, $\lg Z_3$ - в теплий), наносять чотири вертикальних розрізи за азимутами, в напрямках, в яких спостерігаються найбільш інтенсивні осередки радіолуни:

- обводять контур радіолуни (безперервною лінією);
- позначають хрестиком верхню та нижню його межі;
- через дріб (верхня/нижня) позначають межі хмар, км;
- заштриховують зону відображення;
- латинськими літерами позначають форму хмар: S - нижнього ярусу, A - середнього ярусу, C - верхнього ярусу, N - шарувато-дощові, Q - вертикального розвитку.

Атмосферні явища вказуються загальноприйнятими символами, а їх інтенсивність - у цифрах коду (табл. 5.1).

Символи, які використовуються для визначення явищ погоди:

- Δ - грозові хмари з градом;
- K - гроза імовірністю більше 90 %;
- K) - гроза імовірністю не менше 80 %;
- (K) - гроза імовірністю 30...70 %;
- ∇ - злива імовірністю більше 90 %;
- ∇) - злива імовірністю 70...90 %;
- - облоговий дощ;

- $\overset{\cdot}{\nabla}$ - зливовий мокрий сніг;
- $\overset{\cdot}{\cdot}$ - мокрий сніг;
- $\overset{\cdot}{*}$ - сніг;
- ∇ - шквал швидкістю більше $70 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.

Таблиця 5.1 - Оцінка миттєвої максимальної інтенсивності рідких та твердих опадів

Цифра коду	Значення $\lg Z$	Якісна оцінка максимальної інтенсивності	Цифра коду	Значення $\lg Z$	Якісна оцінка максимальної інтенсивності
Рідкі опади			Тверді опади		
2	0,0...1,1	слабкі	1	-1,5...-0,4	слабкі
4	1,2...2,7	помірні	3	-0,3...+1,2	помірні
6	2,8...3,9	сильні	5	> 1,2	сильні
8	> 3,9	дуже сильні			

У дальній зоні визначається картина радіолуни хмар та розподіл її верхньої межі в радіусі огляду МРЛ. На відстані 30...80 км від МРЛ виявляються С, А, S, N, Q; на відстані 80...100 км - А, S, N, Q; на відстані 120...200 км - А, N, Q; на відстані 200...250 км - N, Q; на відстані 250...300 км - Q.

В дальній зоні бланка форми 1 безперервною лінією обводять зовнішні контури радіолуни; зліва в кожному осередку записується максимальна висота радіолуни (км); праворуч указуються значення відображення $\lg Z$ на верхній, середній та нижній частинах хмари.

Радіолуна характеризується: РШХ - радіолуна шаруватих хмар, РКО - радіолуна купчастих хмар, РКШХ - радіолуна купчасто-шаруватих хмар. Для кожного виду хмарності вказується "Суцільна" або "Несуцільна".

Інформацію дальньої зони бланка форми 2 зображують таким чином:

- зовнішні контури радіолуни, де є інформація про H_{\max} та $\lg Z$, обводять безперервною лінією. Межі радіолуни шаруватої хмарності (St, Sc, Ac, As, Ns) позначають переривистою лінією;
- записують форму хмар або тип хмарного поля (S, А, С, А-N, А-N-Q і т.п.);
- для хмарних полів, що не мають конвективних хмар, поруч з формою записують максимальну або переважаючу висоту радіолуни, вид явища та його інтенсивність;
- описують тенденцію зміни хмарного поля, тобто зміну відображення та площі радіолуни (Z та S);
- вказують швидкість ($\text{км}\cdot\text{год}^{-1}$) та напрям переміщення радіолуни;
- зону опадів позначають дрібним пунктиром;

- явища погоди позначають символом, зліва подають максимальну висоту, що їм відповідає, зверху праворуч інтенсивність радіолуни у цифрах коду (табл. 5.1).

Комплексні карти хмарності та атмосферних явищ

Просторовий розподіл даних спостережень радіолокаційних станцій складає основу комплексних карт хмарності та явищ погоди.

Схема нанесення:

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{ww} \bullet \text{J} \\ \text{VV C}_L \text{ W} \\ \text{h} \end{array}$$

де Н - висота верхньої межі радіолуни явищ або хмар (км); ww - атмосферні явища (по коду КН - 01 цифри 06, 08, 11, 12, 17...27, 29...75, 77, 79...99); J - відбиваність або інтенсивність радіолуни (табл. 5.1); VV - дальність видимості менша 2 км (кодовий еквівалент 00...20 або 90...95); C_L - хмари нижнього ярусу висотою не більше 200 м; W - погода, яка пов'язана з конвекцією, між строками спостережень; h - висота нижньої межі хмар не більше 200 м (кодовий еквівалент 00...21 або 0...3).

Якщо радіолуна відсутня, на карту наносять NE.

Осередок грози та граду імовірністю > 90 % (J = 8) зафарбовують червоним кольором та ставлять знак сильної турбулентності.

Осередки гроз імовірністю 75...80 % (J = 6) заштриховують червоним кольором та ставлять знак помірної турбулентності.

Осередки гроз імовірністю 30...70 % (J = 4) тільки обводять червоним кольором.

Осередки злив та облогових опадів зафарбовують зеленим кольором, осередки С_b, С_u - синім.

На карту переносять положення атмосферних фронтів.

При однакових значеннях інтенсивності (J = 8) верхня межа градонебезпечних хмар на 2...3 км розташовується вище межі грозонебезпечних хмар; верхня межа грозової хмари знаходиться на 1...2 км вище межі зливної хмари, а температура повітря на ній повинна бути нижче 27 °С (при J = 4 це гроза з імовірністю 30...70 % та злива). Якщо на радіолуні висота нульової ізотерми розташована на висоті 3...4 км, то діаметр граду, що утворюється, менший 1,8 см та він розтане при падінні, не досягнувши поверхні землі. Якщо висота нульової ізотерми дорівнює 1,5...2 км, то град буде досягати поверхні землі.

Однозначним критерієм грозових хмар з градом є $\lg Z_2 > 4,5$ (імовірність більше 90 %).

Для визначення ступеню небезпечності грозової хмари використовують співвідношення: $Y = H_{\max} \cdot \lg Z_3$:

- при $Y > 25$ - грози повсюдно з імовірністю 90 %,
- при $20 < Y < 25$ - окремі грози з імовірністю 75...90 %,
- при $10 < Y < 20$ - поодинокі грози з імовірністю 30...75 %,
- при $Y < 10$ - осередки злив.

На відстані більше 150 км не завжди можливо знайти величину $\lg Z_3$. Тоді наявність грозового осередку знаходять за формулою:

$$\Delta H = H_{\max} - H_{-22};$$

при $\Delta H > 5$ км - у всіх хмарних полях РКО, РКШО спостерігаються грози;

при $\Delta H = 3...5$ км - зливи без грози та зливи з грозами рівноімовірні;

при $\Delta H = 1...3$ км - грози відсутні.

Рекомендують враховувати висоти ізотерм -30 та -40 °С:

при $H_{\max} < H_{-30}$ - зливи без грози з імовірністю 82 %;

при $H_{-40} < H_{\max} < H_{-30}$ - гроза без граду з імовірністю 87 %;

при $H_{\max} > H_{-40}$ - град з імовірністю 77 %.

Інтенсивність опадів оцінюють по радіолокаційній відбиваності на рівні 1 км від поверхні Землі. Також використовують $Y_{\text{кр}}$.

$$Y_{\text{кр}}^{\text{Р}} = H_{-22} \lg Z_{3\text{min}};$$

$$Y_{\text{кр}}^{\text{Р}} = H_{-22} \lg Z_{3\text{min}} + 6;$$

$$Y_{\text{кр}}^{\text{Р}} = H_{-22} \lg Z_{3\text{min}} + 14,$$

де H_{-22} - висота ізотерми -22 °С; $\lg Z_{3\text{min}}$ - мінімальне значення $\lg Z_3$, при якому у даному географічному районі можуть виникати грози. Для України $\lg Z_3$ влітку під час грози дорівнює 1,5 та $Y_{\text{кр}}^{\text{Р}} = 9$. Для граду $Y_{\text{кр}} > 40$.

Використання радіолокаційної інформації при обслуговуванні авіації

Аналіз радіолокаційної карти-сітки МРЛ та комплексної карти хмарності

Розпізнавання хмар в ближній зоні

Радіолуна хмар нижнього ярусу. Радіолуна St відмічається у вигляді суцільної вузької смуги, вертикальна потужність якої складає 0,2...0,8 км. Нижня межа її влітку знаходиться на висоті 0,1...0,7 км, а взимку досягає поверхні землі, що відповідає випадінню опадів. Із-за малої різниці характеристик St та Sc на радіолокаційних бланках радіолуна відмічається літерою S. Верхня межа Ns з опадами відмічається у вигляді хмарності, яка простирається від земної поверхні до висоти декількох кілометрів.

Радіолуна хмар середнього ярусу. Радіолуна As відмічається у вигляді суцільної полоси з вертикальною потужністю від сотень метрів до

декількох кілометрів та різною висотою нижньої межі хмар. Влітку вона розміщується на висоті 2...5 км, взимку - на 2...4 км. Радіолуна Ас частіше відмічається у вигляді елементної за структурою смуги. Як правило, Ас опадами не супроводжуються, а їх вертикальна потужність не перевищує 1,5 км.

Радіолуна хмар вертикального розвитку. Радіолуна $Cu\ congesta$, Cb відмічається у вигляді вертикально витягнутих "стовпів". Часто, особливо у холодний період, радіолуна конвективних хмар маскується суцільною пеленою радіолуни Ns та As . При поєднанні хмар $Ns - Cb$ значення $lg Z$ на висотах, що перевищують нульову ізотерму, в Cb більше, ніж в Ns на 0,6...2,0 км. На рис. 5.1 наведені найбільш типові профілі максимального відображення $lg Z$ у трьох стадіях еволюції Cb . З рисунку видно, що в стадії росту Cb (1) хід $lg Z$ приблизно симетричний відносно рівня найбільшого значення відображення в хмарі $lg Z_{max}$, який розміщений біля нульової ізотерми. Вище та нижче $lg Z_{max}$ має місце досить швидке падіння $lg Z$ з висотою. У зрілій стадії розвитку Cb (2, 3) перехід Cb з грозового стану в стан, який супроводжується випадінням твердих опадів у вигляді граду, характеризується повільним ростом $lg Z$. В стадії розпаду (4) спостерігається зменшення абсолютних значень $lg Z$.

Аналогічні зміни відбуваються й з профілем площі (S) радіолуни, який, як свідчить рис. 5.2, вирівнюється з висотою у випадках грози та випадіння граду.

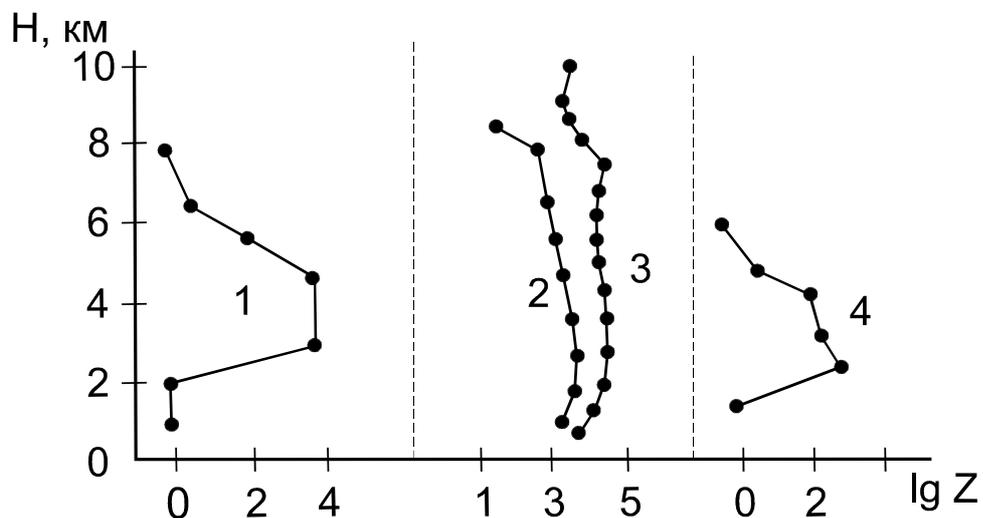


Рис. 5.1 - Типові профілі максимального відображення:
1 - стадія росту; 2, 3 - стадія зрілості; 4 - стадія розпаду Cb .

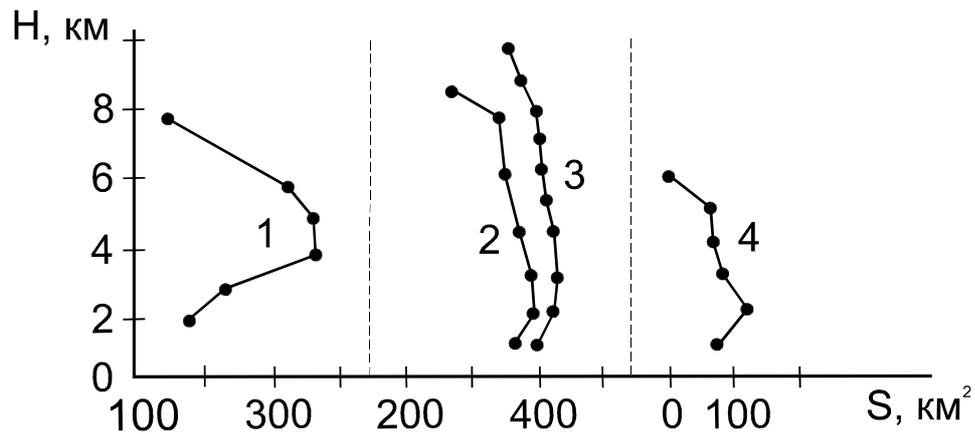


Рис. 5.2 - Типові профілі площі радіолуни:

1 - стадія росту; 2, 3 - стадія зрілості; 4 - стадія розпаду Сб.

Розпізнавання хмар в дальній зоні

Зона РШО поділяється на дві ділянки - ближню суцільну та дальню несучільну. Останнє пояснюється послабленням електромагнітної енергії в атмосфері. РШО має вигляд горизонтальних смуг, нижня межа яких розташована на висоті менше 2 км.

Зона несучільного РКО має вигляд хаотично розкинутих круглих та еліптичних комірок, довільно орієнтованих.

Імовірність виявлення хмар цілком залежить від мікроструктури хмар та опадів. МРЛ виявляє опади, які пов'язані з Сб; імовірність опадів становить більше 90 % у радіусі 100...150 км влітку та 70 % у радіусі до 100 км взимку.

Менш ефективно в радіусі до 30 км виявляється шарувата хмарність різних ярусів без опадів. Середня імовірність її виявлення складає 60...70 % влітку та 70...80 % взимку. Си hum потужністю менше 700 м виявляються з імовірністю 10...20 %.

Таким чином, ефективність МРЛ недостатня для одержання інформації про всі види хмарності без опадів й особливо за її малої водності та кількості менше 3...5 балів.

Аналіз радіолуни атмосферних фронтів

Звичайно зона хмарності, опадів та атмосферних явищ витягнута вздовж фронту. Ширина зони змінюється при віддаленні від центра циклону: найбільша - поблизу центра циклону, найменша - біля гребеня або антициклону. У центральних частинах циклонів зони радіолуни частіше за все не співпадають з лінією фронту, але співпадають з районами, де є достатня вологість та інтенсивні висхідні рухи. За спостереженнями МРЛ радіолуна хмарності та зони опадів розташовується перед лінією теплового фронту. Ширина радіолуни передфронтальної хмарності складає біля 170 км. Поблизу центра циклону вона збільшується до 250...300 км, а на периферії - зменшується до 40...60 км. Ширина

позафронтальної зони радіолуни змінюється від 100 км поблизу центра циклону до 50 км на його периферії.

На екрані МРЛ холодні фронти спостерігаються у вигляді ізольованих осередків або смуг РКО, які орієнтовані вздовж лінії фронту. Загальна ширина радіолуни змінюється від 150...200 км за фронтом і до 100 км перед ним у центральній частині добре розвинутих циклонів; й до 40...60 км за фронтом і перед ним - на периферії. Основні та вторинні холодні фронти на комплексних картах МРЛ мають зону радіолуни з двох сторін від приземної лінії фронту. Грядову структуру хмарних систем холодного фронту на комплексних картах МРЛ простежити неможливо, вона простежується тільки на карті одного МРЛ.

У малорухомих фронтів з хвилями основна площа радіолуни розміщена з двох сторін від лінії фронту. В областях хвильових збурень спостерігається розширення зони радіолуни у бік холодного повітря. Ширина зони радіолуни при хвильових збуреннях біля вершини хвилі перевищує його ширину вздовж фронту у 1,5...2 рази.

Верхня межа N_s та S_b зі зливами на фронтах майже однакова і складає 5...7 км, а верхня межа S_b з грозами - 9...13 км.

Влітку вночі на фронтах у більш ніж 50 % випадків опади припиняються і хмарність розмивається. Вдень у зоні таких фронтів розвивається конвективна хмарність, яка супроводжується зливами та грозами.

Фронту оклюзії відповідають окремі гряди або великі області радіолуни на картах МРЛ. Гряди розміщуються як перед фронтом, так і за ним. Ширина зони радіолуни перед фронтом змінюється від 40 до 250, за фронтом - від 40 до 90 км. Верхня межа радіолуни на фронтах оклюзії коливається від 3 до 7 км, зі зливами - від 6 до 9 км, із грозами вона досягає 11 км.

Влітку добре простежується добовий хід радіолуни, особливо на периферії циклонів. Вночі та вранці відмічається максимальний розвиток радіолуни, іноді з грозою та зливами; у середині дня радіолуна відсутня.

Використання радіолокаційної інформації в авіаційних прогнозах

Прогноз переміщення хмар та зон опадів

У короткостроковому прогнозі погоди для передбачення часу початку опадів або СГЯ необхідно мати точний прогноз руху радіолуни.

Переміщення радіолуни залежить від швидкості та напрямку вітру у вільній атмосфері. Однак, при швидкості вітру менше $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ швидкість переміщення радіолуни практично не залежить від вітру. У цих випадках спостерігається умовне переміщення радіолуни, а саме, збільшення радіолуни за площею за рахунок виникнення нових осередків. Це явище має назву "ефект розповсюдження".

Переміщення радіолуни узгоджується або з вітром на одній з ізобаричних поверхонь, або з середнім вітром в певному шарі атмосфери. При складанні короткострокових прогнозів часу початку опадів, гроз, граду у даному пункті синоптик використовує аеросиноптичну інформацію, маючи інформацію МРЛ для уточнювання прогнозу.

Переміщення внутрішньомасових радіолун, які можуть бути у вигляді смуг, окремих осередків та великих областей радіолуни нечіткої форми, не узгоджується, в основному, з напрямом та швидкістю вітру у вільній атмосфері. Тому прогноз руху радіолуни зводиться до екстраполяції її переміщення в напрямку та зі швидкістю, які визначені за попередній строк. Такий прогноз можна скласти тільки на 1...3 год.

Прогноз переміщення фронтальних хмар та опадів

Переміщення фронтальних радіолун узгоджується з напрямом вітру у вільній атмосфері. У теперішній час існує три способи прогнозу швидкості та напрямку переміщення фронтальних радіолун.

Перший (найбільш простий) передбачає прогноз переміщення радіолуни за швидкістю вітру на одній з ізобаричних поверхонь 850, 700 або 500 гПа, яка вибирається в залежності від потужності радіолуни. Так, при верхній межі радіолуни до 6 км використовується швидкість вітру на рівні поверхні 850 гПа, від 6 до 7 км - на рівні 700 гПа, більше 7 км - на рівні 500 гПа.

У випадках, коли фронтальна гряда знаходиться у потоках, що близькі до паралельних, швидкість вітру на відповідній поверхні помножується на коефіцієнт k , який визначається по рис. 5.3.

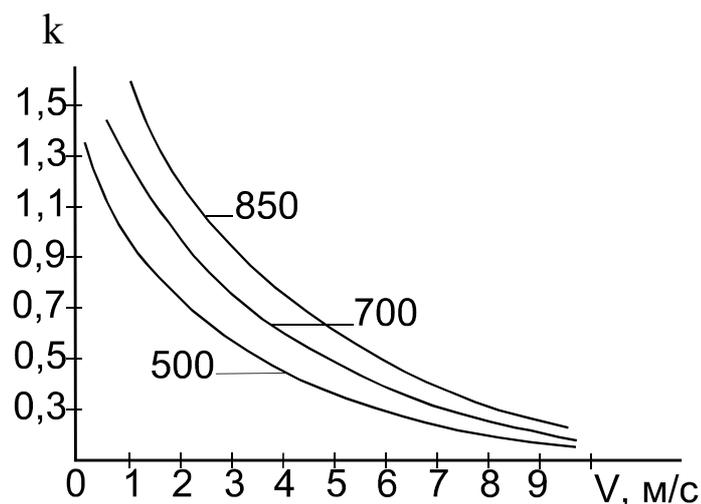


Рис. 5.3 - Залежність коефіцієнта k від швидкості вітру на рівнях 850, 700 і 500 гПа.

Якщо фронтальна гряда розміщується майже під прямим кутом до потоку, то коефіцієнт k для рівнів 850, 700 і 500 гПа відповідно дорівнює 1,0; 0,8; 0,6.

Переміщення фронтальної гряди, яка розташована в паралельних потоках, відповідає швидкості переміщення фронту. Напрямок переміщення радіолуни добре узгоджується з напрямом вітру на рівнях 850, 700, 500 гПа, відхиляючись в бік теплого вологого повітря в шарі земля-850 гПа на кут 25...27 градусів.

Інший спосіб прогнозування швидкості переміщення радіолуни передбачає уточнення швидкості переміщення окремої мезомасштабної зони радіолуни з урахуванням "ефекту розповсюдження".

Якщо напрям переміщення смуг радіолуни співпадає з нормаллю середньої межі смуги і відрізняється від напрямку руху окремих елементів цієї смуги, то для прогнозу швидкості їх переміщення використовується співвідношення

$$U = V \cos \alpha + a,$$

де V - швидкість переміщення елемента радіолуни за даними МРЛ; α - кут між вектором та напрямом смуги радіолуни; a - складова, що викликана "ефектом розповсюдження". Величина "а" характеризує появлення нових мезомасштабних зон конвективних хмар попереду вже існуючої смуги радіолуни за одиницю часу. Вона залежить від еволюції хмарного поля, опадів та процесів розмивання або загострювання фронту і визначається приблизно за формулою:

$$a = L/t,$$

де L - відстань між положенням передньої межі радіолуни за два останні строки спостережень, t - час між строками спостережень.

Третій спосіб розрахунку швидкості переміщення радіолуни може доповнювати другий та використовуватися як самостійний.

Необхідно визначити максимальну верхню межу радіолуни H_{\max} та зсув вітру у шарі 850...500 гПа. Так, при $H_{\max} < 9$ км, та відсутності зсуву вітру, радіолуна переміщується в цьому шарі в напрямку середнього вітру та з середньою швидкістю:

$$\bar{V} = 1/3 (V_{850} + V_{700} + V_{500}).$$

При наявності зсуву вітру в шарі 850...500 гПа напрям та швидкість переміщення радіолуни визначають за напрямом та швидкістю потоків на рівні 500 гПа. При $H_{\max} > 9$ км зсув вітру не враховується. Коли $9 \text{ км} < H_{\max} < 11 \text{ км}$, хмари переміщуються за напрямом і швидкістю вітру на рівні 500 гПа, а при $H_{\max} > 11 \text{ км}$ - за напрямом і швидкістю середнього вітру в шарі 500...300 гПа.

Прогноз часу початку закінчення та тривалості явищ

Час відповідно початку (t_1), закінчення (t_2) та тривалості (t) явищ, що прогножуються, можна розрахувати за формулами:

$$t_1 = S_{\text{п}}/V_{\text{п}} + t_0; \quad t_2 = S_{\text{т}}/V_{\text{т}}; \quad t = \Delta S/V,$$

де $S_{\text{п}}$ та $S_{\text{т}}$ - відстань від пункту прогнозу до передньої та тилової межі радіолуни; $V_{\text{п}}$ і $V_{\text{т}}$ - швидкість переміщення відповідно передньої та тилової межі радіолуни; t_0 - час спостереження; ΔS - ширина радіолуни. Величини $S_{\text{п}}$, $S_{\text{т}}$, ΔS беруться з комплексних карт хмарності та атмосферних явищ.

Використання радіолокаційної інформації при прогнозі конвективних явищ

Для прогнозу шквалу використовується залежність (рис 5.4) між $\lg Z_3$ та значенням $H = H_{\text{тр}} - H_{\text{max}}$, де $H_{\text{тр}}$ - висота тропопаузи.

Кількість фронтальних зливових опадів (при прогнозі до 12 год) визначається за допомогою графіка (рис. 5.5). Додатковою інформацією стає горизонтальна протяжність (L) хмарної системи, яка знаходиться за допомогою знімків ШСЗ за строк, найближчий до строку спостережень МРЛ, за яким визначені H_{max} та $\lg Z_{\text{max}}$. Параметр H_{max} визначають на карті МРЛ по цифрі попереду символу явища. Величину $\lg Z_{\text{max}}$ розраховують по індексу J (табл. 5.1) явища, також наведеного на карті МРЛ.

При визначенні H_{max} та $\lg Z_{\text{max}}$ враховується відхилення середнього вертикального градієнта температури від вологоадіабатичного в шарі 850...500 гПа (без урахування рівня 700 гПа).

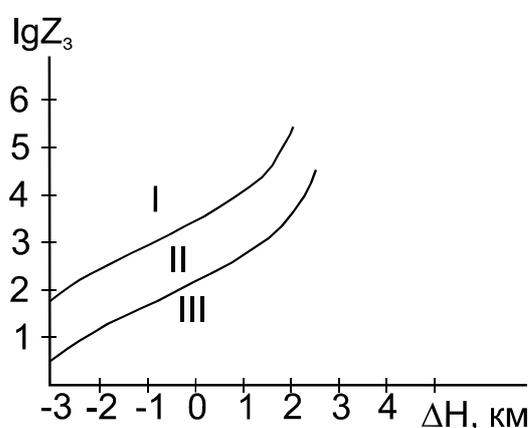


Рис. 5.4 - Залежність між $\lg Z_3$ та H :

- I - шквал зі швидкістю $> 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$;
- II - шквал зі швидкістю $15\text{...}20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$;
- III - швидкість $< 15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

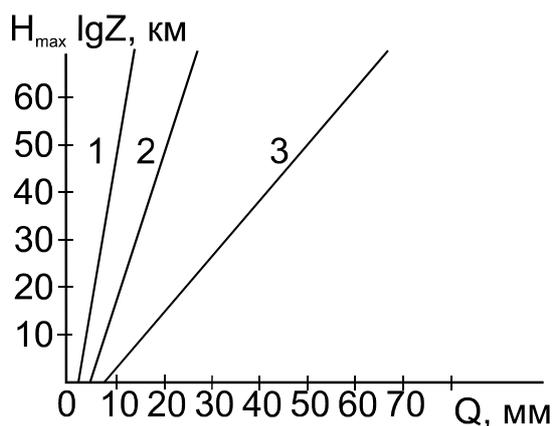


Рис. 5.5 - Графік для розрахунку кількості опадів (мм) при $L < 150$ км (1); $150 < L < 400$ км (2); $L > 400$ км (3).

Контрольні запитання

1. Яку інформацію про хмари та пов'язані з ними явища погоди дозволяє отримати радіолокаційний метод спостережень?
2. Які радіолокаційні карти використовуються в оперативній практиці, яка інформація наведена на них?
3. Як подано атмосферні фронти та поля хмарності на картах МРЛ?
4. Як використовується інформація МРЛ при прогнозі погоди?

Вихідні матеріали

1. Знімки хмарності ШСЗ за ранковий строк.
2. Карти: приземна та баричної топографії 850, 700, 500, 300 гПа за 03 год; кільцеві карти.
3. Карти МРЛ за 15, 18, 21 год попередньої та за 03 год поточної доби.

Рекомендована література

1. Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Ваксенбург И.И., Шевела Г.Ф. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ – 4; 5 и МРЛ – 6 в системе градозащиты. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 229 с.
2. Битлеров М.В., Кузьменко В.П., Павлов М.Ф., Цивенко М.В. Радиометеорология. - М.: Военное издательство, 1984. – С. 118 – 153.
3. Брылев Г.Б., Гашина С.Б., Низдойминова Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 229 с.
4. Гимельман В.Г., Асапов В.Д. Дистанционный мониторинг атмосферы радиолокационными методами. // Обзор инф. «Проблемы окружающей среды». ВНИИТИ, 1998. - № 2. – С. 86 - 92.
5. Глушкова Н.И., Лапчева В.Ф. Прогноз фронтальных осадков по данным наблюдений МРЛ и ИСЗ. Методическое письмо. - М.: Гидрометеиздат, 1979. - 16 с.

6. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 512 с.
7. Методическое указание по использованию радиолокационных данных в синоптическом анализе и краткосрочном прогнозе погоды /Под ред. Веселовой Г.К., Федорова Ю.К. - М.: Гидрометеиздат, 1981. - 24 с.
8. Методические рекомендации по использованию обзорных трассовых диспетчерских радиолокаторов (ОТДРЛ) специалистами АМСГ. - Л.: Б.и., 1982. - 24 с.
9. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА - 95). – М.: Росгидромет, 1995. - 156 с.
10. Радиолокационная метеорология. Материалы методического центра по радиолокационной метеорологии // Под ред. Степаненко В.Д., Брылева Г.Б. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 167 с.
11. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, ч. 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 702 с.
12. Сергиенко Е.П. Исследование характеристик гроз по данным МРЛ в районе киевских аэродромов. - М.: Гидрометеиздат, 1984. -9 с.

Завдання 1

Скласти аналіз інформації, нанесеної на радіолокаційний бланк форми 1 або 2 (за вказівкою викладача), класифікувати хмари за однозначними та комплексними критеріями. Провести індексацію шквалу.

Завдання 2

Одночасно проаналізувати аеросиноптичну інформацію та карти МРЛ (за вказівкою викладача):

- проаналізувати карти баричної топографії та МРЛ;
- перевірити правильність проведення фронтів на кільцевих картах погоди, використовуючи карту МРЛ; зробити висновок про хмари та опади;
- проаналізувати синоптичну ситуацію, визначити зміну характеристик радіолуни хмар та опадів за 3 год, швидкість та напрям її переміщення;
- дати прогноз положення атмосферних фронтів через 12 год;
- визначити час початку, закінчення опадів та явищ, їх тривалість та кількість.

Звітні матеріали

1. Аналіз бланків МРЛ форми 1 та 2 (в зошиті).
2. Обґрунтування проведення фронтів та їх прогноз на 12 год (в зошиті).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №:6

ОСНОВИ АВІАЦІЙНОЇ ОРНІТОЛОГІЇ

Мета роботи: ознайомитися із впливом орнітологічної обстановки на політ ПС; вивчити орнітологічний код і навчитися використовувати його в оперативній практиці.

В загальному комплексі заходів, що проводяться в інтересах безпеки польотів, важливе місце займає орнітологічне забезпечення польотів.

Випадок, який дав початок вивченню орнітології в авіації, згадувався в пресі й увійшов у наукову літературу: у 1968 році літак ІЛ-18, виконуючи розбіг в Одеському аеропорту, зіткнувся зі зграєю гайворонів. Усі чотири двигуни були пошкоджені, деякі вийшли з ладу. На щастя, авіалайнер ще не встиг відірватися від землі.

Щорічно у світі трапляється декілька тисяч зіткнень літаків з птахами (за даними преси до 4-х тисяч). Особливо часті вони у пору весняних та осінніх перельотів птахів.

Найбільш часто при зіткненні літальних апаратів відмічаються наступні пошкодження:

- пробоїни та вм'ятини на обшивці крил і фюзеляжу;
- пошкодження чи руйнування лобових стекол кабін екіпажу;
- деформація чи руйнування лопаток компресора двигуна.

Значне підвищення швидкостей, польоти на великі відстані зі змінним профілем, на малих висотах обумовили зростання кількості випадків зіткнення літаків з птахами. Крім того, підвищилась сила удару при зіткненні. Відповідно до розрахунків, сила удару об літак птаха розміром з морську чайку при швидкості польоту $320 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ складає 3200 кг, а при швидкості польоту $960 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$ – 28800 кг. Птах вагою біля 2 кг наносить удар, який втричі сильніший удару 30-мм снаряду. ТГД (турбогвинтові двигуни) втягують птахів з повітрям, що призводить до серйозних пошкоджень лопастей турбін. Підвищилась імовірність зіткнення з птахами під час руління. Повторюваність зіткнень має сезонні та добові відмінності; вона залежить також від швидкості та стану польоту.

Взимку зіткнення літаків з птахами бувають рідко. Їх повторюваність зростає навесні, але досягає максимуму влітку та восени. Збільшення кількості зіткнень навесні та восени пов'язано з весняною та осінньою міграцією птахів. Літній максимум обумовлений появою у птахів молодняку, який погано орієнтується в польоті.

Більше 69% випадків зіткнень приходить на період від 8 до 16 год (максимум 40% - від 8 до 12 год), у той час, як уночі, від 20 до 4 год – менше 8%. Це пов'язано з тим, що вранці та на початку дня польотів

набагато більше, ніж у нічні години, і птахи вночі літають менше, ніж вдень.

Найбільша кількість зіткнень відмічена при швидкості польоту 100...200 км·год⁻¹ (біля 52 % випадків). Це можна пояснити тим, що зазначені швидкості виявляються переважними швидкостями зльоту та посадки більшості літаків.

В більшості випадків зіткнення літаків з птахами відбуваються на дуже малих висотах, особливо при зльоті та при посадці. На висоти до 100 м припадає до 62 % зіткнень, а на висоти до 300 м – 74 %. Однак, зіткнення, хоча і дуже рідко, але можуть спостерігатися на висотах 7...9 км та більше.

До заходів по зменшенню кількості птахів в районі аеродрому відносяться: ранній скіс трави, вирубка кущів, висушування болотної місцевості, регулювання сівби злаків в районі аеропорту, насіння яких вживають птахи, прибирання звалищ від аеродрому та інше.

У теперішній час в багатьох державах світу для відстрашування птахів від аеродрому, особливо від глісади літаків (вертольотів), розповсюджені акустичні (біоакустичні), хімічні, фізичні методи, або так звані репеленти. Якщо хімічні методи впливають головним чином на органи смаку та дотику, то акустичні та фізичні – на органи слуху та зору, котрі, як відомо, у птахів найбільш розвинені. Впливаючи на ці органи світовими та звуковими подразниками, можна ефективно відлякувати пернатих.

Значна частина засобів відстрашування розрахована на слухове сприймання. До них відносяться будь-які вибухові пристрої, які виконують час від часу гучний звук рушничного або гарматного пострілу. Найбільше поширення отримали карбідні та газові гармати. Але їх використання дає ефект відлякування тільки у перші два-три тижні. Потім птахи настільки звикають до пострілів, що починають сідати на прилади. Якщо проводити систематичний відстріл, вони все ж таки залишають небезпечну для них зону, але знищення птахів теж не метод. Слід турбуватися і про екологічне середовище. Спостереження показують, що оскільки до більшості відполохуючих засобів птахи рано чи пізно звикають, їх треба змінювати новими приладами. На деяких аеродромах серед нових засобів відлякування використовують ракети нових систем. Найбільш ефективними, порівнюючи з іншими репелентами, з'явилися ракети СХТ (сигнально-хімічної тривоги): з моменту запуску і до повного їх згорання на птахів одночасно діють світлові та звукові подразники. Під час запуску відбувається сполох, потім лунає постріл і ракета підіймається. У верхній точці траєкторії ракета вибухає на декілька частин. Падаючі «зірки» дають сильний протяжний звук, який діє як додатковий подразник. Існують автоматичні установки для відлякування птахів на аеродромі з використанням ракет типу СХТ. Вони управляються дистанційно з пульта керівника польотів. Робота по відлякуванню птахів на льотному полі та на

околиці аеродрому показала високу ефективність фізичних (піротехнічних) репелентів. Граки, галки, ворони, шпаки, чайки, черногузи покидають зону ВПС вже після першого вживання ракет. Подальше їх використання потрібне тільки для місцевих птахів. Як репелент ракета СХТ – дуже сильний подразник для всіх птахів. Крім цього, для відлякування птахів можна використовувати біологічний засіб (використання хижих птахів, спеціально тренуваних собак і т.п.). Найбільш позитивних наслідків можна досягти при комплексному використанні засобів та способів відлякування птахів.

Прогнозуючи погоду, аеродромні метеорологічні органи дають інформацію загального характеру про метеорологічні умови, сприятливі для польотів птахів. Досвід свідчить, що польоти літаків, а саме, імовірність зіткнень літаків з птахами частіше спостерігаються при простих метеорологічних умовах (ПМУ), особливо при антициклонічній погоді зі слабким вітром або штилем. За статистикою повторення зіткнень з птахами: вдень в ПМУ – 64 %, вночі – 20 %, вдень в складних метеорологічних умовах (СМУ) – 11 %, вночі -5 %, тобто повторення залежить від ступеня складності метеорологічних умов.

Сприятливі для польотів та зіткнень з повітряними суднами – тил антициклону, передня частина циклону, зона розмитих фронтів, де спостерігаються підвищена температура повітря, попутний вітер, знижена вологість, відсутність небезпечних явищ.

Орнітологічне забезпечення польотів включає:

- проведення на аеродромах візуальних та радіолокаційних спостережень за птахами (радіолокаційними засобами аеродрому);
- збір, обробку та аналіз орнітологічної інформації, прогнозування орнітологічних умов;
- проведення заходів, які спрямовані на усунення факторів, що притягують птахів на аеродроми.
- доведення до командного та льотного складу аеродрому та працівників СР необхідної інформації про фактичні орнітологічні обставини;
- своєчасне попередження про її ускладнення та виникнення небезпечної орнітологічної ситуації;
- аналіз та узагальнення випадків зіткнень літальних апаратів з птахами.

Орнітологічна обстановка – це сукупність умов в якому-небудь районі, які визначають наявність в ньому птахів, що впливають на безпеку польотів. Орнітологічну обстановку оцінюють за картою-схемою, графіком річної та добової активності птахів та за даними про фактичну наявність птахів в районі аеродрому. Дані спостережень за птахами записують в спеціальні журнали:

- АВ-18 – «журнал радіолокаційних спостережень за птахами»;
- АВ-19 – «журнал спостережень за птахами на ДПРМ та БПРМ»;
- АВ-20 – «журнал спостережень за птахами» (його заповнюють при спостереженнях на метеостанції, які проводяться візуально, а також на ДПРМ, БПРМ та РЛС).

Потім складають узагальнені телеграми про птахів по району аеродрому та передають в усі зацікавлені адреси.

Контрольні запитання

1. Що таке орнітологічна обстановка?
2. В який час року і доби спостерігається більша кількість зіткнень повітряних суден з птахами?
3. Як впливає на ПС зіткнення з птахом?
4. Які зведення про птахів і погоду включені в орнітологічний код?

Вихідні матеріали

1. Орнітологічний код (Додаток Д).
2. Телеграми з інформацією про орнітологічну обстановку в районі аеродрому.

Рекомендована література

1. Івус Г.П. Авіаційна метеорологія. – Київ, 1996. – 87 с.

Завдання 1

Скласти телеграми про орнітологічну обстановку за наступною інформацією:

- в 1-й точці з 08 СГЧ 9 травня 1998 року до 08 СГЧ 10 травня 1998 року за даними щогодинних 10-хвилинних спостережень спостерігалася цілодобова міграція по 2...3 малі і середні зграї, що летять на висоті 300...600 м зі швидкістю 80 км·год⁻¹ на північний схід. Найактивніша міграція, по вісім зграй за 10 хв кожної години, зареєстрована в період 19...22 і 05...08 год. У світлий час доби візуально протягом 3...5-хвилинних спостережень відмічені місцеві кормові польоти окремих вранових і голубів на висотах до 200 м.

- в шостій точці в період з 08 СГЧ 15 квітня 1998 року до 08 СГЧ 16 квітня 1998 року візуально і при повітряній розвідці погоди відмічався проліт гусаків, лебедів і куликів вночі, вранці і увечері на висотах 500...800 м. За період щогодинних спостережень по 10...15 хв пролітало в середньому по 5...6 зграй чисельністю 20...50 птахів на північ. У світлий час доби спостерігався політ 2-х зграй лелек з 10..15 особин на висотах до 2,5 км.

- в другій точці за період з 08 СГЧ 19 квітня до 08 СГЧ 20 квітня візуально і на РЛС спостерігалася цілодобова міграція гусаків, качок,

журавлів. Протягом 10 хв термінових спостережень пролітало до 5 зграй по 50...100 особин на висотах від 2000 до 3000 м на північний захід із швидкістю 60 км·год⁻¹. У світлий час доби відмічалися неврегульовані польоти місцевих вранових до 4-х зграй по 15...20 особин на висотах до 300 м.

- в четвертій точці з 09 СГЧ 3 травня до 09 СГЧ 4 травня 1998 року по РЛС середні зграї дрібних птахів у ранкові і вечірні години мігрували на висоті 200...500 м. У світлий час доби візуально спостерігалися польоти дрібних і середніх птахів, ластівок і голубів, виліт молодняка на висотах до 200 м.

Завдання 2

Розкодувати телеграми про орнітологічну ситуацію.

12345 00002 32028 45808 55997 56050 57600 64054 72008 83003
32016 55402 62044 70009 80300

12345 00004 31323 45808 52001 63000 70200 80500 32316 57995
51420 61000 70000 80200

12345 00006 31627 45808 57999 56067 57200 63065 70501 80800
31636 57753 62025 82500

12345 00003 31028 45808 46972 40508 52000 67034 70302 80604
31016 51992 54020 61003 70009 80200

Звітні матеріали

1. Текст телеграм по інформації, яка представлена в завданні 1 (в зошиті).

2. Текст розкодованих телеграм і схема орнітологічної обстановки в робочому зошиті.

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНУ АТМОСФЕРИ НА ПОЛІТ ЛІТАКА

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

СТАНДАРТНА АТМОСФЕРА

Мета роботи – вивчити параметри стандартної атмосфери, навчитися оцінювати вплив стану атмосфери на політ літака.

Атмосфера, в якій відбувається політ усіх літальних апаратів, чинить значний вплив на їх роботу. Від фізичного стану атмосфери залежать льотно-технічні дані літаків та вертольотів, а саме:

- аеродинамічні сили, які виникають під час польоту;
- сила тяги, що утворюється двигуном;
- витрата пального;
- гранично-припустима висота;
- показання деяких пілотажно-аеронавігаційних приладів.

Внаслідок неоднорідності просторового розподілу метеорологічних величин, їх часової зміни, льотно-технічні дані літаків можуть змінюватися в дуже широких межах. Тому, при конструюванні літальних апаратів та їх обладнання, а також при порівнянні результатів льотних іспитів виходять із заздальгедь заданого, постійного (стандартного) розподілу фізичних характеристик стану атмосфери біля поверхні землі та на різних висотах. Іншими словами, використовується деяка, незалежна від часу доби та року, а також місця польотів (випробувань), однакова у всіх випадках атмосфера, яка має назву *стандартної атмосфери* (СА). Введення СА дозволяє одержати показання приладів, дані льотних випробувань, результати аеродинамічних розрахунків, геофізичних та метеорологічних вимірювань, які можуть бути порівняні між собою.

Параметри та фізичні характеристики СА близькі до середніх багаторічних значень метеорологічних величин біля поверхні землі та на різних висотах. В теперішній час діє СА-81. Як параметри та фізичні константи в СА-81 використані:

- температура;
- тиск;
- густина повітря;
- відносні величини тиску та густини у порівнянні з їх значеннями на рівні моря;
- молекулярна вага;
- швидкість звуку;
- в'язкість (динамічна та кінематична);
- прискорення вільного падіння;

- середня довжина вільного пробігу молекул.

У зв'язку з тим, що фізичні характеристики реальної атмосфери часто відрізняються від стандартних, на практиці доводиться переходити від фактичних атмосферних умов до стандартних та, навпаки, від стандартних значень до фактичних, у випадках, коли необхідно врахувати відхилення фактичних умов від стандартних для одержання реальних значень характеристик та параметрів. Таблиці СА-81 містять у собі значення характеристик атмосфери для висот від 2000 м нижче рівня моря до 50 000 м над рівнем моря. Для рівня моря в СА-81 прийняті значення основних фізичних характеристик:

- температура повітря 15 °С або 288,15 К;
- тиск 760 мм рт.ст. = 1013,25 гПа;
- густина повітря 1,225 кг·м⁻³;
- відносна молекулярна вага повітря (молярна вага) 28,966 кг/кмоль;
- прискорення вільного падіння 9,8066 м·с⁻²;
- відносна вологість 0 %;
- вітер відсутній.

Для різних висот фізичні характеристики при відомих значеннях температури повітря та відносній молекулярній вазі можуть бути обчислені за рівнянням стану та барометричними формулами. При цьому: температура повітря в тропосфері знижується з висотою за лінійним законом, її вертикальний градієнт дорівнює 0,65 °С/100 м; в нижній стратосфері, від 11 до 20 км, температура залишається постійною (-56,5°С), а вище вона зростає і досягає -2,5 °С на висоті 50 км.

В СА-81 для різних висот через 50 м наведено відомості про температуру, тиск, густину, прискорення вільного падіння, швидкість звуку. Скорочені дані наведені в табл. 7.1. В умовах СА зміна тиску з висотою відбувається:

- до рівня 11 км - за законом політропної атмосфери

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{T_0 - \gamma z}{T} \right)^{g/R\gamma},$$

- вище 11 км - за законом ізотермічної атмосфери ($T = \text{const}$),

$$p = p_0 e^{-gz/RT},$$

де z - висота; γ - вертикальний градієнт температури; R - газова стала ($R = 287,052$ Дж/кг К).

Таблиця 7.1 – Параметри стандартної атмосфери. ГОСТ 4401 – 81
(скорочені дані)

Висота, м	Температура повітря		Атмосферний тиск		Швидкість звуку, м·с ⁻¹
	К	°С	гПа	мм рт. ст.	
0	288,15	15,0	1013,3	760,0	340,3
500	284,90	11,8	954,6	716,0	338,4
1 000	281,65	8,5	898,8	674,1	336,4
2 000	275,15	2,0	795,0	596,3	332,5
3 000	268,65	-4,5	701,1	525,9	328,6
4 000	262,15	-11,0	616,4	462,3	324,6
5 000	255,65	-17,5	540,2	405,2	320,5
6 000	249,15	-24,0	471,8	353,9	316,4
7 000	242,65	-30,5	410,6	308,0	312,3
8 000	236,15	-37,0	356,0	267,0	308,1
9 000	229,65	-43,5	307,4	230,6	303,8
10 000	223,15	-50,0	264,4	198,3	299,5
12 000	216,65	-56,5	193,3	145,0	295,1
14 000	216,65	-56,5	141,0	105,8	295,1
16 000	216,65	-56,5	102,9	77,2	295,1
18 000	216,65	-56,5	75,0	56,3	295,1
20 000	216,65	-56,5	54,8	41,1	295,1

Для оцінки льотних та експлуатаційних характеристик сучасних транспортних літаків, що виконують рейси у різноманітних, різко відмінних одна від одної кліматичних умовах, необхідно приймати до уваги регіональні особливості стану атмосфери. ІКАО рекомендувала стандартні кліматичні умови, які дозволяють визначати льотні характеристики літаків при максимальних та мінімальних температурах біля поверхні землі і на висотах в тропічних, помірних та арктичних широтах.

Якби реальні атмосферні умови збігалися зі стандартними, то стандартні висоти z (ті висоти, на яких атмосферні умови такі, що відповідають СА), які визначені окремо за тиском, температурою та густиною повітря, були б однакові. Однак значення метеорологічних величин у реальній атмосфері звичайно відрізняються від значень на відповідних рівнях в СА. Тому й стандартні висоти, які отримані за фактичними значеннями p і ρ , відрізняються від стандартних.

Для розуміння впливу фізичного стану атмосфери на політ літака обмежимося аналізом горизонтального польоту.

Під час руху літального апарату в атмосфері виникає аеродинамічна сила, складовими частками якої є:

- лобовий опір (X)
$$X = c_x S_k \frac{\rho V^2}{2},$$

- підймальна сила (Y)
$$Y = c_y S_k \frac{\rho V^2}{2},$$

- бокова сила (Z)
$$Z = c_z S_k \frac{\rho V^2}{2}.$$

Необхідною умовою прямолінійного та рівномірного польоту є рівновага сил та моментів, які діють на літак.

Якщо взяти окремий випадок подовжнього руху - горизонтальний політ літака з постійною швидкістю, то крім зазначених сил на літак діє сила тяги P та сила ваги G . У випадку усталеного руху літака ($V = const$, $dd = const$) всі сили знаходяться в рівновазі, тобто рівнодіюча зовнішніх сил, що діють на літак, повинна дорівнювати нулю.

Тоді з формули для однієї зі складових аеродинамічної сили (а саме: підймальної) можна знайти повітряну швидкість літака, при якій виконується рівновага сил ($Y = G$).

$Y = G$ - умова прямолінійного руху повітряного судна;

$X = P$ - умова постійних швидкостей.

$$V_{zn} = \left(\frac{2G}{c_y S_k \rho} \right)^{1/2}, \quad (7.1)$$

де c_y - коефіцієнт підймальної сили; S_k - площа крила; ρ - густина повітря.

Швидкість літака, знайдена за формулою (7.1), називають *потрібною швидкістю горизонтального польоту*. З виразу (7.1) видно, що V_{zn} залежить від кута атаки α , висоти польоту (через ρ) та величини G/S_k , яка зветься питомим навантаженням на крило. Зі збільшенням α до критичного, збільшується і c_y . При цьому зменшується V_{zn} на $\alpha_{кр}$. Практично, політ $\alpha_{кр}$ не виконується, тому, що можливий зрив повітряного потоку при обтіканні літака і, як наслідок, звалювання літака на крило або на ніс. З метою забезпечення безпеки польоту відбуваються на кутах атаки не більших припустимого, при якому $c_{y пр} > c_{y max}$.

Для сучасних літаків $c_{y пр} = (0,80...0,85) c_{y max}$. З формули (7.1) видно, що потрібна повітряна швидкість горизонтального польоту за інших однакових умов збільшується з висотою із-за зменшення густини повітря.

Крило літака, яке поставлено під невеликим кутом α до повітряного потоку, забезпечує відкидання повітря вниз та створення підйімальної сили (Y). Закрилки дозволяють змінити цей кут, а також і підйімальну силу.

Якщо записати співвідношення, аналогічне (7.1), для потрібної швидкості V_0 біля поверхні землі (над рівнем моря) в умовах СА, і поділити співвідношення (7.1) на нове, то отримаємо залежність, яка характеризує вплив ρ на потрібну повітряну швидкість:

$$V^2 = V_0^2 \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right) = \frac{V}{\Delta}, \quad \text{де } \Delta = \frac{\rho_z}{\rho_0}.$$

В залежності від метеорологічних умов указані величини відчують значні варіації. Швидкість польоту на постійній висоті змінюється від розподілу температури та тиску повітря на рівні польоту. Якщо практично в польоті за барометричним висотоміром втримується постійна висота, тобто літак переміщується по ізобаричній поверхні, тоді швидкість польоту залежить тільки від розподілу температури.

Скористаємось рівнянням стану $p = \rho RT$ і наведену раніше формулу (7.1) перепишемо у вигляді:

$$V^2 = \frac{2GRT}{c_Y S_k \rho} \quad (7.2)$$

Як випливає з цієї формули, будь-яке підвищення температури повітря призводить до збільшення потрібної повітряної швидкості горизонтального руху.

Просторова та часова мінливість температури повітря дуже велика. Так, навіть над одним пунктом, міждогова мінливість на висотах 10...20 км може досягати 20 °С та більше. Ще значні коливання температури спостерігаються при польотах за повітряними трасами великої протяжності. В результаті, як свідчать обчислювання за формулою (7.2), при польоті на постійній висоті за барометричним висотоміром під впливом мінливості температури повітря швидкість горизонтального польоту для літаків типів ТУ-154, АН-140 та ін. в окремих випадках може змінюватися на 40...50 км·год⁻¹ і більше. Надзвукові літаки типів ТУ-144 та "Конкорд" при польоті в стратосфері за міжконтинентальними повітряними трасами будуть підпадати під вплив коливань температури повітря до 25...30 °С. Такі варіації температури повітря повинні призводити до зміни швидкості на крейсерському режимі більш ніж на 100 км·год⁻¹.

Тяга, яка необхідна щоб зрівноважити лобовий опір літака на певній висоті, зветься тягою горизонтального польоту (P_{zn}). $Y/X = G/P = G/K$,

де K - аеродинамічна якість літака. Застосовуючи до тяги горизонтального польоту співвідношення $P_{zn} = G/K$, отримуємо, що P_{zn} не залежить від температури.

З'ясуємо фактори, від яких залежить потрібна тяга горизонтального польоту. Кожному α відповідає значення K . Максимальна якість буде спостерігатися при польоті на найвигіднішому куті атаки $\alpha_{\text{найв}}$, а потрібна тяга тут буде мінімальною. При збільшенні або зменшенні α при порівнянні з $\alpha_{\text{найв}}$ потрібна тяга горизонтального польоту буде зростати. Залежність потрібної тяги горизонтального польоту від кута атаки одержала назву кривої Жуковського.

При збільшенні висоти польоту швидкість горизонтального польоту збільшується, а тяга залишається без змін.

Крім поняття потрібної тяги в аеродинаміці існує поняття максимальної тяги двигуна при певній швидкості польоту (P_p).

Для вирішення питання про можливість виконання горизонтального польоту з заданою швидкістю V необхідно зрівняти P_{zn} з P_p . Якщо $P_{zn} > P_p$, тобто існує надлишок тяги ΔP , то політ з такою швидкістю можливий. Максимально можлива швидкість польоту буде спостерігатися при виконанні умови $P_{zn} = P_p$.

За принципом утворення тяги авіаційні двигуни діляться на гвинтові (які утворюють тягу обертанням гвинта), реактивні (тяга виникає внаслідок спливу з великою швидкістю робочих газів з реактивного сопла) та комбіновані - турбогвинтові (ТГД), в яких основна тяга створюється повітряним гвинтом, а додаткова тяга (8...12 %) - за рахунок спливу продуктів горіння. Гвинтові поршневі двигуни (ПД) встановлюються на літаках з невеликою швидкістю польоту (200...500 км·год⁻¹, тобто $M = 0,2...0,5$), а також на гелікоптерах. ТГД знайшли своє застосування на літаках зі швидкістю 500...800 км·год⁻¹ ($M = 0,5...0,8$) і на гелікоптерах. Турбореактивні двигуни (ТРД) використовуються як на дозвукових, так і на надзвукових літаках, гелікоптерах. ТРД мають малу питому масу, яка практично залишається постійною як на злітному, так і у крейсерському режимах польоту. Це робить ТРД найбільш вигідними при великих швидкостях польоту.

Залежність сили тяги турбогвинтового двигуна від фізичного стану атмосфери

Від зміни температури повітря та атмосферного тиску на висоті польоту в значній мірі залежить сила тяги, яка утворюється двигуном.

P_p - найбільша сила, яку може розвинути двигун на певній висоті при припустимому режимі його роботи. Залежність P_p від температури та тиску повітря на висоті польоту впливає з принципу роботи двигуна.

При польоті на постійній висоті за барометричним висотоміром тиск залишається незмінним, і P_p у цьому випадку залежить тільки від температури. При додатних відхиленнях температури повітря від стандартної сила тяги зменшується, а при від'ємних - збільшується. Тому прогностична інформація про відхилення температури від стандартної, більш ніж на 5 °С, повинна бути вказаною на АКП і врахована при виконанні та плануванні польотів.

Зміна сили тяги ТРД з висотою при незмінній кількості обертів може бути приблизно виражена формулою:

$$(P_p)_z = (P_p)_0 \Delta \left(\frac{T_0}{T_z} \right)^m,$$

де $(P_p)_z$, $(P_p)_0$ - розподілена сила тяги на висоті польоту z і біля поверхні землі, відповідно;

T_0 і T_z - абсолютні температури повітря біля поверхні землі та на висоті польоту, відповідно;

m - показник степеню, який залежить від характеристик двигуна, $m = 1...2$.

Відносна густина Δ з висотою зменшується, а множник $\frac{T_0}{T_z}$ зростає, але це зростання менше, ніж падіння Δ , тому тяга ТРД з висотою також зменшується. Починаючи з висоти приблизно 11 км, в СА тяга зменшується більш інтенсивно тому, що температура повітря перестає знижуватися.

У реальних умовах зміна сили тяги з висотою має більш складний вигляд і залежить від вертикального розподілу температури повітря. Чим більший вертикальний градієнт температури, тобто чим швидше температура знижується, тим повільніше зменшується густина повітря, яка викликана падінням тиску, і отже, повільно зменшується сила тяги та навпаки. В ізотермічних і, особливо, в інверсійних шарах густина повітря з висотою зменшується швидше, що приводить до більш інтенсивного зменшення сили тяги з висотою. З цієї причини при наборі висоти до тропопаузи повинно спостерігатися дуже помітне падіння сили тяги, і навпаки, при зниженні літака при переході зі стратосфери у тропосферу, сила тяги повинна різко зростати. При польоті на постійному ешелоні значні коливання сили тяги можуть спостерігатися при пересіканні атмосферних фронтів та фронтальних зон. Значна зміна сили тяги може бути обумовлена мінливістю температури, особливо її сезонними коливаннями.

Вплив вологості повітря виявляється двояко - через газову сталу та питому вагу повітря. Зі збільшенням питомої вологості газова стала збільшується, продуктивність газу та корисна робота термодинамічного циклу стає вище, питома тяга двигуна росте. Разом з цим водяний пар знижує питому вагу повітря, зменшує його вагому витрату через двигун, викликає падіння тяги. В результаті, в спекотний день у вологому повітрі тяга деяких двигунів може зменшуватися на 0,5 %, а питома та годинна витрата палива - зрости на 2 %. Залежність сили тяги від метеорологічних умов впливає на інші важливі льотно-технічні характеристики літака, витрату пального та стелю польоту літака.

Вплив температури та густини повітря на швидкість польоту

Сила тяги P_p розвивається двигуном при польоті з максимально можливою силою тяги на певній висоті. На інших режимах горизонтального польоту (при меншій кількості обертів двигуна) використовується тільки її частка - потрібна сила тяги (P_n), яка необхідна для подолання сили лобового опору в усталеному горизонтальному польоті.

Найкраща швидкість польоту - швидкість, при якій потрібна тяга є найменшою, політ здійснюється на найкращому куті атаки, тобто при максимальній аеродинамічній якості літака. Практично для літаків з ТРД найкраща швидкість близька до швидкості, яка відповідає максимальній тривалості польоту.

Економічна швидкість знаходиться із мінімуму потрібної потужності (в основному для літаків з поршневыми та турбогвинтовими двигунами).

Крейсерська швидкість - швидкість польоту, при якій відношення P_n/V мінімальне. Для літаків з ТРД вона близька до швидкості, яка забезпечує найменшу кілометрову витрату пального.

Максимальна швидкість усталеного горизонтального польоту досягається у режимі сили тяги P_p . Тоді повинна виконуватись рівність між силою лобового опору та силою тяги P_p , тобто $X = P_p$.

Використовуючи залежність для складових аеродинамічної сили, та замінюючи силу лобового опору параметрами, які її визначають, попередньо змінивши в ній V на V_{\max} , отримаємо:

$$V_{\max}^2 = \frac{2P_p}{c_x S_k \rho}. \quad (7.3)$$

Отже, V_{\max} польоту залежить від висоти польоту (ρ) та типу повітряного судна.

Якщо записати це співвідношення для нульового рівня при

стандартній температурі ($T_0 = 288 \text{ K}$) та при будь-якій температурі (T_z) і розділити одне співвідношення на інше, то при урахуванні залежності P_ρ від ρ та T , отримаємо:

$$V_{\max} = V_{\max}^0 \left(\frac{288}{T_z} \right)^{1/2}, \quad (7.4)$$

де V_{\max}^0 - максимальна швидкість усталеного горизонтального польоту на нульовому рівні в стандартних умовах.

Таким чином, максимальна швидкість пропорційна кореню квадратному з відношення абсолютних температур на нульовому рівні та деякій висоті. При зниженні температури на 5°C максимальна швидкість зростає приблизно на 1 %.

Якщо в (7.4) під T_z розуміти температуру повітря на рівні z в СА, то з висотою V_{\max}^0 в СА зростає до рівня 11 км, вище вона повинна залишатися незмінною (до $h = 20 \text{ км}$ - ізотермія). Однак на цих висотах політ здійснюється на великих α (для забезпечення потрібної швидкості горизонтального польоту), що призводить до збільшення X та зниження V_0 з висотою.

Вплив фізичного стану атмосфери на витрату палива

Витрата палива є важливим економічним показником, від якого залежить рентабельність повітряних перевезень.

Зміна температури та тиску повітря впливає на годинну витрату палива, а остання для літаків з ТРД пов'язана, перш за все, з потрібною тягою та питомою витратою палива. Годинна витрата палива ($c_{год}$, $\text{кг}\cdot\text{год}^{-1}$) – це витрата палива за годину польоту. Питома витрата палива ($c_{пит}$) – кількість палива, яке необхідне для утворення одиничної сили тяги за одиницю часу. Питома витрата палива залежить від типу двигуна, режиму його роботи, висоти польоту та швидкості.

Тривалість польоту τ залежить від $c_{год}$ та розподіленого запасу палива (G_n).

Важливим показником рентабельності є кілометрова витрата палива (c_k) – це кількість палива, яка необхідна для польоту на відстань 1 км. Від c_k залежить дальність горизонтального польоту L_Γ , яка є складовою часткою в загальній дальності польоту (L):

$$L = L_{\text{наб}} + L_\Gamma + L_{\text{зн}},$$

де $L_{\text{наб}}$ і $L_{\text{зн}}$ – відстані, які проходить ПС при наборі висоти та зниженні, відповідно.

Залежність годинної витрати палива від атмосферних умов можна виразити співвідношенням:

$$C_{200} = C_{200\text{CA}} \frac{p}{p_{\text{CA}}} \sqrt{\frac{T}{T_{\text{CA}}}}, \quad (7.5)$$

де C_{200} та $C_{200\text{CA}}$ – годинна витрата палива в реальних умовах і в стандартній атмосфері, відповідно. Так як висота польоту задається по барометричному висотоміру, то $p = p_{\text{CA}}$. Тоді рівняння (7.5) прийме вигляд:

$$C_{200} = C_{200\text{CA}} \sqrt{\frac{T}{T_{\text{CA}}}}. \quad (7.6)$$

Отже, при зниженні тиску і температури повітря годинна витрата палива зменшується.

Кілометрові та годинні витрати палива пов'язані наступним співвідношенням:

$$C_{\text{к}} = \frac{C_{\text{num}} P}{W} = \frac{C_{200}}{W}, \quad (7.7)$$

де W – путьова швидкість.

В горизонтальному польоті сила тяги P , що розвивається двигуном, дорівнює лобовому опору X . В цьому випадку формула годинної витрати палива набуває вигляду

$$C_{200} = X C_{\text{num}}.$$

Для кілометрової витрати, враховуючи (7.6) і (7.7), можна записати:

$$C_{\text{к}} = \frac{X}{W} C_{\text{num}}, \quad (7.8)$$

або, виражаючи X через вагу (G) і аеродинамічну якість літака, остаточно отримаємо:

$$C_{\text{к}} = G \frac{C_{\text{num}}}{WK}. \quad (7.9)$$

Якщо вважати кілометрову витрату незмінною на протязі всього польоту, то отримаємо формулу дальності польоту (при безвітряній погоді):

$$L = \frac{G_{n.z.n.} KW}{G c_{num}}, \quad (7.10)$$

де $G_{n.z.n.}$ – запас палива, на який можна розраховувати під час горизонтального польоту.

Аналогічна формула для тривалості польоту виглядає:

$$\tau = \frac{G_n K}{G c_{num}}. \quad (7.11)$$

При наборі висоти витрата палива більша, ніж в горизонтальному польоті з тією ж швидкістю, так як потрібна додаткова сила тяги на подолання складової ваги літака, що направлена проти руху.

Якщо дані про витрату палива при наборі висоти, отримані шляхом льотних випробувань, відсутні, то для визначення витрати можна користуватися формулою:

$$\Delta G_n = \frac{\Delta t \bar{c}_{zod}}{60}, \quad (7.12)$$

де ΔG_n – витрата палива на даній ділянці набору висоти, кг; Δt – протяжність ділянки набору висоти, хв; \bar{c}_{zod} – середня годинна витрата палива, кг·год⁻¹. Для розрахунку за цією формулою потрібно мати барограму підйому і годинну витрату палива на різних висотах. Середню годинну витрату палива наближено можна визначити як годинну витрату на середній висоті. Чим менші ділянки підйому, тим точніший розрахунок. Сумарну витрату знаходимо складенням отриманих значень ΔG_n .

Витрата палива на розбіг літака в горизонтальному польоті розраховується також за формулою (7.12), але маються на увазі не ділянки підйому, а ділянки розбігу літака.

Для кожного типу літака в «Руководстве по летной эксплуатации» наведені дані розрахунку дальності та тривалості польоту, $L_{наб}$ і $L_{зн}$, а також витрати палива на набір висоти та зниження літака. Кілометрова витрата палива при горизонтальному польоті пов'язана з c_{zod} .

Для літаків з ТРД при збільшенні висоти польоту c_k зменшується тому, що при польоті з постійним α швидкість польоту зростає, потрібна тяга зменшується. Таким чином, c_k із збільшенням висоти зменшується. Тому польоти літаків з ТРД на велику відстань доцільно виконувати на високих рівнях. При переході на низький ешелон із-за підвищення

температури повітря кілометрова витрата палива може зростати на 15 % та більше.

Необхідно зазначити, що при вирішенні питання про найкращий профіль польоту за повітряною трасою слід враховувати не тільки поле температури та тиску, а цілий комплекс факторів: режим вітру; наявність небезпечних метеорологічних явищ; умови набору висоти та зниження; дальність польоту.

При невеликій дальності польоту набір висоти та зниження займають значну частину всього профілю польоту.

Вплив температури повітря на стелю літака

Однією з важливих льотно-технічних характеристик літака є стеля його польоту. *Стелею польоту літака, або стелею літака*, зветься найбільша висота, на яку може піднятися літак при певному режимі польоту. Стеля літака залежить від фізичного стану атмосфери. Існує поняття «теоретична» стеля – або статична стеля – висота, на якій надлишок тяги та вертикальна швидкість дорівнює нулю.

У зв'язку з тим, що по мірі наближення до теоретичної стелі максимальна швидкість повільно наближується до нуля і для підйому на теоретичну стелю потрібно було б нескінченно великий час, введено поняття «практична» стеля. За «практичну» стелю умовно приймають висоту, на якій максимальна вертикальна швидкість дорівнює $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ для літаків з реактивним двигуном та $0,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ для літаків з поршневыми двигунами.

Стосовно сучасних літаків різниця між «теоретичною» та «практичною» стелею не перевищує 200...500 м. Якісна залежність «теоретичної» та «практичної» стелі від температурних умов розраховується за формулою:

$$P_2 = P_1 \frac{p_2}{p_1} \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{3/2} \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^3.$$

На стелю літака більш за все впливає температура повітря. При підвищенні температури повітря на $10 \text{ }^\circ\text{C}$ під час польоту на висоті, яка близька до стелі, при постійній швидкості, літак з ТРД втрачає висоту біля 500 м, а з поршневыми двигунами – 300 м.

Зміну висоти стелі приблизно можна оцінити за співвідношенням:

$$H_{\Pi} = H_{\text{пст}} - K_{\Pi} T,$$

де K_{Π} – коефіцієнт, який залежить від типу літака і свідчить, на скільки зміниться висота стелі літака при відхиленні температури повітря від

стандартної на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для літаків з поршневим двигуном $K_{\text{п}} = 30\text{ м на } 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, для дозвукових літаків з ТРД – $40\dots 130\text{ м/}1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і для надзвукових – більше $150\text{ м/}1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для визначення зниження літака необхідно зважити на той факт, що від температури та тиску (рівня польоту) залежить як розподілена сила тяги, так і сила лобового опору. Якщо політ здійснюється на висоті, значно меншій ніж стеля, при наявності достатнього запасу тяги пілот може утримати задану висоту, якщо буде збільшувати або зменшувати кількість обертів.

Політ поблизу стелі кращий саме тому, що з висотою зменшується витрата палива, збільшується дальність польоту. Використовуючи велику стелю сучасних літаків, можна робити польоти вище тропопаузи, уникати несприятливих метеорологічних умов вздовж повітряної траси: грозових хмар, зон найбільш інтенсивної турбулентності, обледеніння і т. п. Але, сприятливий з метеорологічної та економічної точки зору, політ на великих висотах має і негативні сторони. Поблизу стелі істотно погіршується стійкість та управління літака. Однією з головних причин погіршення льотних даних літаків на великих висотах є використання великих кутів атаки.

Вплив температури та тиску повітря на зліт і посадку

Злітні та посадкові дані літака – довжина розбігу та швидкість відриву при зльоті (рис. 7.1), посадкова швидкість та довжина пробігу при посадці (рис. 7.2) – в значній мірі залежать від фізичних характеристик стану атмосфери.

Для зльоту літака необхідно, щоб підймальна сила стала більшою за вагу літака. Рівновага сил (підймальної та ваги) настає вже на мінімальній швидкості польоту. Однак, відрив літака на мінімальній швидкості є небезпечним із-за можливості втрати стійкості та управління. Тому встановлена швидкість відриву літака з ТРД на $10\dots 15\%$ більша за мінімальну.

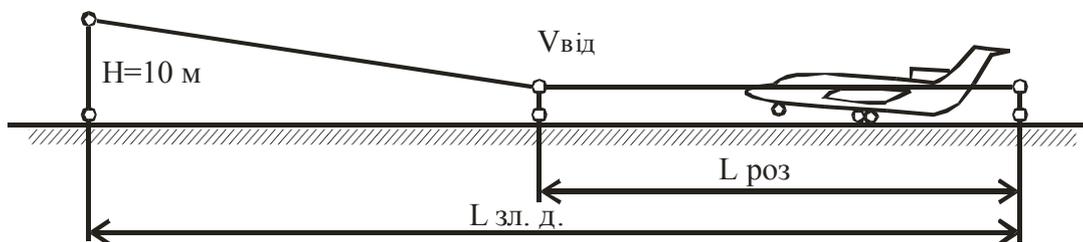


Рис. 7.1 – Етапи зльоту літака.

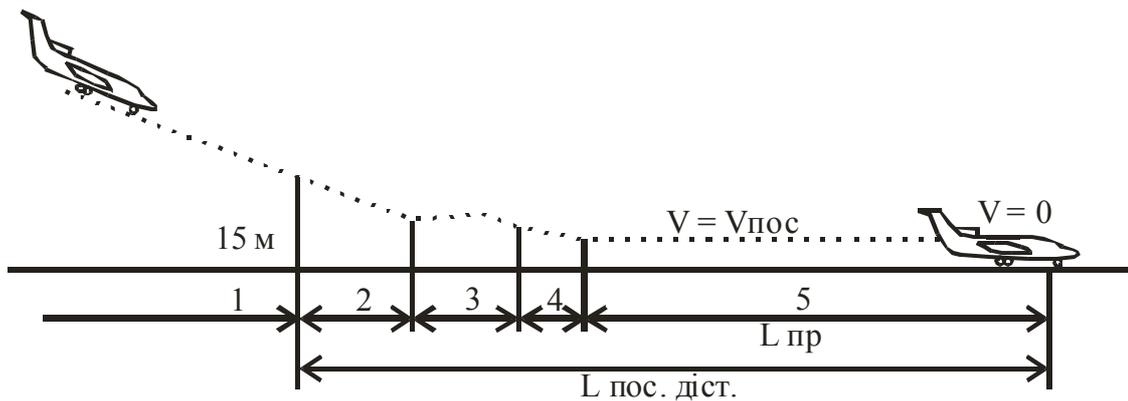


Рис.7.2 – Етапи посадки літака:

- 1 - зниження; 2 – вирівнювання; 3 – витримування;
4 – парашутування; 5 – пробіг.

Величина коефіцієнту підйимальної сили, що відповідає куту атаки та при якій літак може безпечно відриватися від землі, позначається через $c_{y \text{ від}}$. Тоді, виходячи з умови рівноваги літака та підйимальної сили, можна записати:

$$V_{\text{від}}^2 = \frac{2GRT}{c_{y \text{ від}} \rho S_k} = \frac{2GK_T}{c_{y \text{ від}} S_k \rho}, \quad (7.13)$$

$$V_{\text{пос}}^2 = 0,95 \frac{2G}{c_{y \text{ пос}} \rho S_k}, \quad c_{y \text{ від}} = 0,85 c_{y \text{ max}},$$

де $K_T = 1 - \mu_{cp} \sin \alpha_{\text{від}}$ - коефіцієнт, який враховує вплив вертикальної складової сили тяги P_y на швидкість відриву при середньому тягоозброєнні літака $\mu_{cp} = P_{cp} / G$. Коефіцієнт 0,95 враховує вплив повітряної подушки.

З формул (7.13) видно, що підвищення температури повітря призводить до збільшення швидкості відриву, а збільшення атмосферного тиску, навпаки, - до її зменшення.

Значні коливання температури та тиску повітря викликають значні зміни швидкості відриву. У свою чергу швидкість відриву впливає на довжину розбігу та довжину всієї злітної дистанції. Це особливо важливо мати на увазі при зльоті з ЗПС обмеженої довжини та при максимальних завантаженнях літаків. Довжина розбігу $L_{роз}$ при зльоті визначається за формулою:

$$L_{роз} = \frac{V_{від}^2}{2j_{cp}}, \quad \text{де } j_{cp} - \text{ середнє прискорення.}$$

На довжину розбігу впливає зміна сили тяги двигуна під час розбігу. При підвищенні температури сила тяги падає, літак буде з меншим прискоренням набирати висоту і, отже, пробіжить по ЗПС більшу відстань, поки набере необхідну швидкість відриву. Падіння тиску також викликає зменшення сили тяги.

Збільшення швидкості відриву та зменшення сили тяги призводить до того, що злітні характеристики змінюються в дуже великих межах при зміні фізичного стану атмосфери; причому, зменшення прискорення розбігу внаслідок падіння сили тяги впливає на довжину розбігу приблизно вдвічі сильніше, ніж збільшення швидкості відриву.

У більшості реактивних літаків на кожні 10 °С підвищення температури повітря при незмінних обертах двигуна довжина розбігу збільшується на 13 %, а зниження температури повітря на таку ж величину зменшує довжину розбігу на 10 %. Наприклад, довжина розбігу ІЛ-62 дорівнює 2600 м, звідси – 13 % від 2600 м дорівнює 338 м. Відхилення температури повітря на 10 °С призводить до зміни швидкості відриву на 1,75 %, а зміна тиску на 10 мм рт. ст. – на 0,56 %.

Зазначимо, що вказане коливання злітних характеристик тотожно зміні злітної ваги літака на 3,5 %.

Таким чином, при підвищенні температури повітря на 10 °С повне комерційне навантаження сучасного літака з ТРД повинно бути зменшене приблизно на 2000 кг.

Довжину розбігу $L_{роз}$ реактивного літака з урахуванням зміни густини повітря можна виразити приблизною формулою:

$$L_{роз} = \frac{L_{розСА}}{\Delta}, \quad \text{де } \Delta = \frac{\rho_z}{\rho_0} - \text{ відносна густина повітря.}$$

Звідси видно, що зміна густини повітря на даному аеродромі під час зльоту сильно відображається на довжині розбігу. Цю обставину надзвичайно важливо враховувати при зльоті з гірських аеродромів з жарким кліматом. Наприклад, на аеродромі, який розташований на висоті 1000 м над рівнем моря, довжина розбігу реактивного літака більша за довжину розбігу на рівні моря в СА у 1,33 рази, тобто на 33 %.

Що стосується впливу зміни густини повітря на довжину розбігу літака з поршневим двигуном, то він значно менший, ніж для літака з

реактивним двигуном. Довжина розбігу літака з поршневим двигуном зворотнопропорційна квадрату відносної густини: $L_{роз} = \frac{L_{розСА}}{\Delta^2}$.

Довжина пробігу реактивного літака обчислюється:

$$L_{np} = L_{npСА} (0,95 + 0,0031 T_0); \quad L_{np} = V_{noc}^2 / 2j_{cp},$$

де T_0 - температура повітря на рівні землі.

$$V_{noc} = \frac{2m_{noc}gRT}{c_{y\ noc} S_k P}, \quad L_{np} = L_{npСА} / (\Delta)^n,$$

m_{noc} - посадкова маса.

Звідси випливає, що відхилення фактичної температури повітря від стандартної на 10 °С призводить до зміни довжини пробігу на 3,5 %, а зміна тиску на 10 мм рт. ст. - на 1,3 %.

Вплив метеорологічних умов на показання аеронавігаційних приладів

В авіаційній практиці поряд зі стандартною висотою широко використовується геометрична висота, яка визначається в польоті за допомогою радіотехнічних засобів (радіовисотомірів) або барометричним способом (барометричним висотоміром) і виражається у лінійних метрах.

Основним навігаційно-пілотажним приладом для визначення висот є барометричний висотомір. Із принципу роботи висотоміру випливає: якщо в польоті пілот утримує постійну висоту, то літак переміщується по ізобаричній поверхні ($p = \text{const}$). Внаслідок того, що ізобаричні поверхні мають дуже невеликий нахил, політ по ізобаричній поверхні практично тотожний горизонтальному польоту.

Результат вимірювання висоти барометричним висотоміром залежить від метеорологічних умов. При перетині літаком атмосферних фронтів, циклонів, антициклонів та інших баричних утворень за однакових показань приладу дійсна висота буде різною, особливо при польоті на великих висотах. Це пояснюється тим, що шкала барометричного висотоміру проградуєвана для стандартних висот, а показання висотоміру залежать від фактичних метеорологічних умов. Тому для одержання геометричної висоти польоту до показань приладу необхідно ввести методичну поправку – поправку на відхилення реальних атмосферних умов від стандартних. Методична поправка враховує методичні похибки приладу, які включають три складові:

- барометричну похибку, яка обумовлена нестійкістю атмосферного тиску біля поверхні землі;
- температурну похибку, яка викликана невідповідністю фактичного і стандартного розподілу температури з висотою;
- похибку, яка обумовлена тим, що висота в польоті визначається відносно рівня тієї ізобаричної поверхні, атмосферний тиск якої встановлений на приладі.

Барометрична похибка усувається наступним чином. Перед вильотом пілот установлює стрілки приладу за допомогою крамальєри на нульову позначку, при цьому на шкалі приладу тиск буде дорівнювати тиску на рівні ЗПС. В подальшому, при польоті висотомір буде показувати висоту відносно аеродрому вильоту.

При наборі висоти (при польоті на ешелоні) установка барометричної шкали висотоміру зроблена з відліку, відповідно атмосферного тиску на аеродромі. Щоб утримати в польоті висоту ешелону, проводиться перехід до $p = 760$ мм рт. ст. На відліку 760 мм рт. ст. переклад робиться при перетині висоти переходу. Висота переходу зазначається на схемах набору висоти та виходу з району аеродрому. Висотою переходу зветься висота, яка встановлена в районі аеродрому, на якій та нижче якої висота польоту літака контролюється за атмосферним тиском на аеродромі. При підході до пункту посадки пілот запитує атмосферний тиск на рівні ЗПС посадки та установлює на висотомірі тиск на рівнях ЗПС аеродрому посадки.

В зведенні погоди, яка укладена на АМСЦ та передається по радіо на борт літака, обов'язково містяться дані про атмосферний тиск в гПа на рівні ЗПС. Авіаметеорологічна станція, де робиться відлік тиску за ртутним барометром, може бути розташована вище або нижче ЗПС. Значення тиску приводяться до рівня ЗПС. Похибка при визначенні тиску на рівні ЗПС недопустима, тому що це тягне за собою похибку в висоті за барометричним висотоміром.

Температурні похибки барометричного висотоміру враховуються шляхом введення поправок на відхилення фактичного розподілу температури від стандартного. Це особливо важливо при польотах на малих висотах та в гірських районах в холодний період року. В умовах реальної атмосфери дійсна висота польоту h над ізобаричною поверхнею p_0 визначається виразом:

$$h = 18400 \frac{T_m}{T_{0CA}} \lg \frac{p_0}{p} = h_p \frac{T_m}{T_{mCA}},$$

де $h_p = 18400 \frac{T_m}{T_{0CA}} \lg \frac{p_0}{p}$ - барометрична висота;

T_{0CA} , T_{mCA} , T_m – температура повітря на рівні моря в умовах СА, середня в умовах СА та фактична барометрична температура в шарі від нульового рівня до висоти польоту, відповідно.

Звичайно в практичних розрахунках замінюють T на середню арифметичну температуру шару, тобто $T_{cp} = (T_0 + T)/2$. Тут припускається невелика похибка при постійному вертикальному градієнті температури з висотою. Але, у випадку інверсії або ізотермії похибка може дорівнювати 10 % висоти.

Із аналізу вищенаведеної формули випливає, що показання приладу залежать від співвідношення температур (T_m/T_{mCA}): якщо $T_m > T_{mCA}$, то показання приладу будуть занижені, та навпаки, при $T_m < T_{mCA}$ – підвищені.

Контрольні запитання

1. Назвати основні параметри і фізичні константи СА.
2. Перерахувати методичні похибки барометричного висотоміру і показчика повітряної швидкості.
3. Якою буде похибка показань барометричного висотоміру, якщо середня барометрична температура в шарі від рівня Землі до ешелону польоту в реальній атмосфері складає 95 % від середньої барометричної температури в тому ж шарі СА? Тиск біля поверхні землі відповідає СА.
4. На яких принципах планується ешелонування літаків на повітряних трасах?
5. Що називається крейсерською швидкістю?
6. На скільки відсотків зміниться потрібна повітряна швидкість польоту при переході з ешелону 4500 м на ешелон 9000 м в умовах СА?
7. Як залежить сила тяги, злітно-посадкові характеристики, стеля літака від розподілу температури і густини повітря?
8. Як зміниться максимальна швидкість польоту, якщо висота польоту збільшиться с 900 до 9000 м?
9. Розрахувати годинну витрату палива при підвищенні температури повітря на 15 °С в порівнянні зі стандартною на ешелоні польоту 10200 м, якщо в умовах СА годинна витрата палива становить 8200 кг·год⁻¹.
10. На скільки метрів підвищиться чи понизиться стеля літака з ПД в порівнянні з умовами СА, якщо температура повітря підвищиться в порівнянні зі стандартною на 15 К?; понизиться на 25 К? Визначте при цих умовах зміну стелі для літаків з ТРД і для НТЛ (надзвуковий транспортний літак).
11. Перерахувати всі основні льотно-технічні характеристики літака, на які впливають відхилення температури і густини повітря від умов СА.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.

2. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Учебный авиационный метеорологический атлас. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 255 с.

3. Івус Г.П. Авіаційна метеорологія. – Київ, 1996. – 87 с.

4. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России /НМО ГА - 95/. – М.: Росгидромет, 1995. - 156 с.

Вихідні матеріали

1. Бланк аерологічної діаграми.

2. Синоптичний матеріал із Навчального авіаційного метеорологічного атласу.

Завдання 1

Детально перерахувати основні характеристики СА-81 та вказати для вирішення яких задач вона застосовується:

а) зафіксувати мінімальну та максимальну температури за добу і оцінити відхилення температури від її стандартного значення на рівні моря. Вказати які параметри руху літаків і на скільки відсотків в порівнянні з умовами СА-81 зміняться при зафіксованих відхиленнях температури.

б) визначити: фактичну швидкість відриву $V_{від}$ і швидкість посадки V_{noc} літака, якщо на рівні моря в умовах СА-81 $V_{від\ CA} = 240$ км·год⁻¹, $V_{noc\ CA} = 190$ км·год⁻¹; зміну довжини розбігу при зафіксованих фактичних температурі повітря та тиску в порівнянні зі стандартними умовами в %.

Завдання 2

За результатами оцінки $V_{від}$ і V_{noc} , розрахованими в завданні 1, визначити зміну в порівнянні зі штільовими умовами:

а) час і довжину розбігу окремо при зустрічному і попутному вітрі швидкістю 10 м·с⁻¹;

б) час і довжину пробігу окремо при зустрічному і попутному вітрі швидкістю 10 м·с⁻¹;

в) час і довжину пробігу при вітрі швидкістю 15 м·с⁻¹ та напрямком 75°, якщо напрям руху літака при посадці /курс/ визначається кутом 29°.

Завдання 3

Вивчити принципи побудови графіків аерологічної діаграми, ознайомитися з її шкалами і можливостями використання при обслуговування авіації; вивчити барометричний спосіб визначення висоти польоту і принципи ешелонування літаків при польотах за повітряними трасами.

а) на бланку аерологічної діаграми відкласти відхилення мінімальної T_{min} (арктичної зимової) атмосфери і максимальної T_{max} (тропічної) атмосфери від стандартної за даними вертикального розподілу температури повітря, наведеними в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Відхилення температури повітря від стандартної для максимальної і мінімальної стандартної атмосфери на різних рівнях

Т, °С	Н, км				
	0	5	7	9	11
($T_{\max} - T_{CA}$)	19	17	17	17	17
($T_{\min} - T_{CA}$)	-44	-17	-13	-9	-3

б) на бланку аерологічної діаграми визначити з точністю до 0,1 °С температури в СА (T_{CA}) і знайти наближене значення стандартних барометричних висот H_{CA} для ізобаричних поверхонь (табл. 7.3).

Таблиця 7.3 – Температура і висота основних ізобаричних поверхонь для умов СА

Параметри	р, гПа								
	100	200	300	400	500	600	700	850	1000
T_{CA} , °С									
H_{CA} , км									

в) побудувати на бланку аерологічної діаграми криві стратифікації атмосфери за даними радіозондування (за вказівкою викладача);

г) на бланку аерологічної діаграми зліва нанести ешелони, за якими проводяться польоти :

0°...179° - 900, 1500, 2100, 2700, 3300, 3900, 4500, 5100, 5700, 6600, 7800, 9000, 10200, 11400;

180°...359° - 600, 1200, 1800, 2400, 3000, 3600, 4200, 4800, 5400, 6000, 7200, 8400, 9600, 10800, 12000 м,

де 0°...359° - шляховий кут (кут між напрямом на північний полюс і напрямом лінії руху);

д) оцінити за аерологічною діаграмою шляхом порівняння кривих стратифікації СА і підйомів радіозондів відхилення температури ($T_{Ф} - T_{CA}$) від стандартних значень T_{CA} на ешелонах 1200, 1800, 2400, 9000, 10200, 11400, 12000 м і скласти табл. 7.4 для підйому за формою табл. 7.3;

Таблиця 7.4 – Значення T_{CA} і $(T_{\phi} - T_{CA})$ на ешелонах польотів

Параметри	Висота ешелону, м						
	1200	1800	2400	9000	10200	11400	12000
$T_{CA}, ^\circ\text{C}$							
$(T_{\phi} - T_{CA}), ^\circ\text{C}$							

е) на бланку аерологічної діаграми побудувати допоміжну номограму для розрахунку стелі літака в реальних умовах, приймаючи за вагу літака ТУ-154 $G = 86$ т, а стелю в СА згідно «Руководству по льотной эксплуатации» цього типу літака – 11 км. Стеля літака в реальних умовах польоту визначається як:

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{п СА}} + \Delta H_{\text{п}},$$

де $H_{\text{п СА}}$ –стеля літака в СА; $\Delta H_{\text{п}}$ – зміна стелі літака за рахунок відхилення температури повітря від стандартної;

$$H_{\text{п}} = -K_{\text{п}} (T_{\phi} - T_{CA}),$$

де $K_{\text{п}} = 50$ м/1 $^\circ\text{C}$;

ж) використовуючи допоміжну номограму, визначити стелю літака ТУ-154 для заданих умов;

з) побудувати профіль польоту літака АН-140 за заданим маршрутом в умовах СА;

и) за допомогою побудованої допоміжної номограми графічно представити профіль польоту літака АН-140 за заданим маршрутом.

Звітні матеріали

1. В робочому зошиті заповнені табл. 7.3, 7.4.
2. Бланк аерологічної діаграми (з відповідними розрахунками).
3. В робочому зошиті профіль польоту літака АН-140.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ВПЛИВ ВІТРУ НА ПОЛІТ ЛІТАКА

Мета роботи: навчитися оцінювати вплив швидкості і напрямку вітру на зліт, посадку і політ літаків.

Вплив вітру на зліт та посадку літака

Крім температури та тиску на злітно-посадкові характеристики літака при інших рівних умовах (польотна вага, сила тяги, стан ЗПС) дуже сильно впливає швидкість та напрям вітру.

Зліт і посадку літаків прагнуть здійснювати проти вітру, тому що зустрічний вітер зменшує швидкість відриву при зльоті й посадкову швидкість при посадці, отже, зменшує довжину розбігу та пробігу літака. Для оцінки зміни часу та довжини розбігу (пробігу) при попутному й зустрічному вітрі відносно до штильових умов використовують співвідношення:

$$\frac{t}{t_0} = 1 - \frac{u}{V}, \quad (8.1)$$

$$\frac{L}{L_0} = \left(1 - \frac{u}{V}\right)^2, \quad (8.2)$$

де t_0, L_0 – відповідно час та довжина розбігу (пробігу) при штильових умовах;

t, L – те ж при зустрічному вітрі;

V – швидкість відриву (посадки) літака.

Зустрічний вітер при зльоті, створює додатковий обдув літака, збільшує путьову стійкість та керівництво літаком на початку руху. При попутному вітрі, навпаки, збільшується довжина пробігу, погіршується стійкість літака на початку руху при зльоті, ускладнюється виконання зльоту та посадки.

Довжина пробігу при посадці літака проти вітру зменшується із-за того, що вітер створює лобовий опір, який разом з силою тертя коліс літака значно збільшує абсолютну величину від'ємного прискорення після приземлення. Крім того, швидкість руху літака відносно ЗПС у момент торкання при зустрічному вітрі менша, ніж при штилі або попутному вітрі.

Значно ускладнюється зліт та посадка літака при боковому вітрі або при його великих бокових складових. При зльоті з боковим вітром утворюються додаткові аеродинамічні сили, які перешкоджають керуванню літаком. Під впливом цих сил виникають моменти, що кренять та розкручують.

Момент, що кренить, виникає внаслідок нерівномірного обдуву крил. Наприклад, якщо вітер спрямований відносно лінії руху літака, то на правій площині підймальна сила зростає, а на лівій площині, навпаки, зменшується.

Момент, що розкручує, виникає тому, що вага літака та центр бокового тиску вітру не збігаються. Боковий вітер створює силу, яка намагається розкрутити літак проти вітру.

Посадка літака при боковому вітрі пов'язана з ще більшими труднощами, ніж зліт. Основні труднощі полягають у тому, що пілоту доводиться боротися проти зносу літака. Неточне врахування вітру може привести до приземлення літака поза ЗПС.

Для кожного типу літака встановлюється найбільш припустима швидкість бокового вітру (бокової складової), при якій можливі посадка та зліт. Її величина залежить від особливостей конструкції літака та питомого навантаження на крило G/S . Чим більше питоме навантаження на крило, тим значніша величина найбільш припустимої швидкості бокового вітру. Надзвукові літаки з трикутним крилом мають дуже великі питомі навантаження та здатні літати і приземлятися з сильним боковим вітром ($u_{\text{бк}}$).

Для більшості літаків найбільша швидкість бокового вітру дорівнює $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (при сухій ЗПС). Для легких літаків найбільш припустима швидкість бокового вітру не перевищує $8\text{...}10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Ці обмеження необхідно враховувати при метеорологічному забезпеченні польотів.

Контрольні запитання

1. Чому зліт та посадку літаків здійснюють проти вітру? Пояснити формулами.
2. Які моменти виникають під час зльоту (посадки) літака при наявності сильного бокового вітру?

Завдання 1

1. Для аеродромів зльоту та посадки, які вказані викладачем, визначити зміни часу та довжини розбігу (пробігу) літака відносно до штільових умов, якщо швидкість посадки становить $240 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$, а швидкість відриву - $190 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.
2. Для аеродромів зльоту та посадки визначити можливість безпечного зльоту (посадки) при боковій складовій вітру, якщо робочий курс ЗПС ($\gamma_{\text{зпс}}$) становить 30° , а припустиме значення $u_{\text{бк}}$ дорівнює $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Порядок виконання завдання

1. В аеропортах зльоту та посадки визначити вітер біля поверхні землі та за формулами (8.1) і (8.2) розрахувати зміни злітно-посадкових характеристик літака, вважаючи вітер зустрічним.

2. В аеропортах зльоту та посадки визначити вітер біля поверхні землі та за формулами (8.1) і (8.2) розрахувати зміни злітно-посадкових характеристик літака, вважаючи вітер попутним.

3. Для визначення бокової складової вітру визначити кут $\beta_6 = \delta - \gamma_{зпс}$, де δ - напрям вітру біля поверхні землі.

За графіком (рис. 8.1) визначити величину $u_{6к}$ з урахуванням швидкості вітру і кута. Порівняти отримане значення $u_{6к}$ з припущеним, вважаючи, що при $u_{6к} \geq 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ зліт та посадка забороняються.

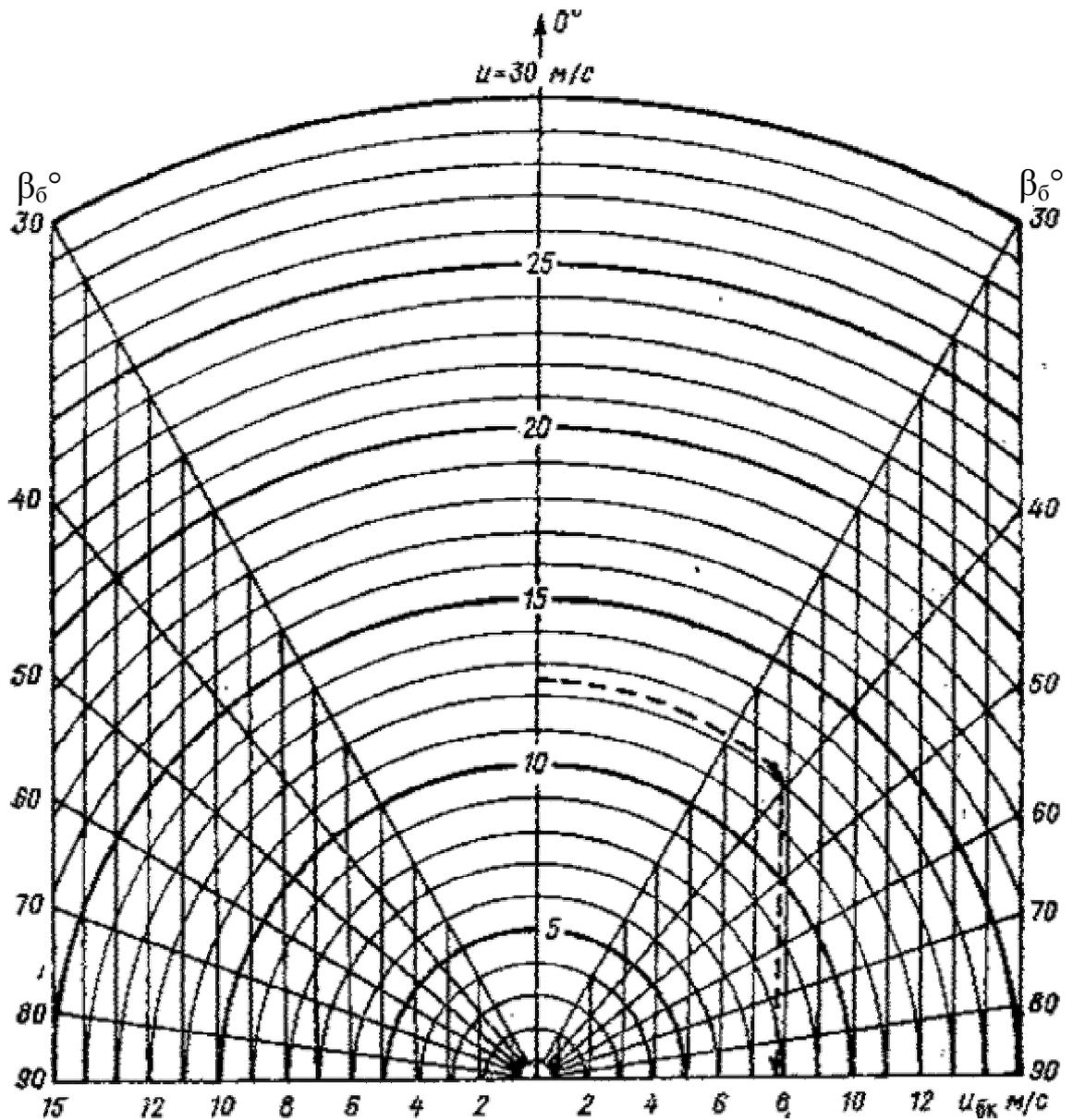


Рис. 8.1 - Номограма для визначення бокового вітру (або бокової складової вітру) за швидкістю вітру u і кутом β_6 між напрямом вітру та віссю ЗПС.

Вплив вертикального зсуву вітру в найнижчому шарі атмосфери на зліт і посадки літаків

Для підвищення безпеки зльоту та посадки літаків необхідно враховувати зміну вітру з висотою у найнижчому шарі атмосфери, який літак пересікає після відриву від ЗПС при зльоті та в заключній стадії приземлення. Це пов'язано з тим, що у найнижчому шарі атмосфери може спостерігатися дуже різка зміна вітру з висотою - зсув вітру. Під зсувом вітру β розуміють різницю векторів вітру на верхній (\vec{u}_e) та нижній (\vec{u}_n) межах цього шару.

$$\beta = |\Delta u| / \Delta z,$$

де $|\Delta u| = |u_e - u_n|$ - модуль векторної різниці векторів вітру на верхньому u_e та нижньому u_n рівнях, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; Δz – товщина шару, що розглядається, м.

Розрізняють вертикальний зсув вітру - зміну горизонтальної складової вітру на заданій висоті, а також зсув вітру в заданому напрямі в просторі. Великі зсуви вітру здібні впливати на траєкторію та режим літака. При спостереженнях на висотній метеорологічній щоглі в м. Обнінськ зафіксовано зсув вітру в шарі 8...25 м, який дорівнює $0,45 \text{ с}^{-1}$. Це означає, що за 3...4 с, які потрібні для перетину літаком певного шару, його повітряна швидкість змінюється приблизно на $70 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$. Критерії інтенсивності характеристик, що розглядаються, наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Критерії для передачі повідомлень про величини зсуву вітру в якісних термінах (за ВМО та ІКАО)

Кількісна характеристика	Вплив на управління ПС	Вертикальний зсув вітру, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 30 м	Горизонтальний зсув вітру, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 600 м	Швидкість вертикального потоку, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$
Слабкий	Незначний	0...2	0...2	0...2
Помірний	Значний	2...4	2...4	2...4
Сильний	Істотний	4...6	4...6	4...6
Дуже сильний	Небезпечний	> 6	> 6	> 6

Механізм впливу вертикальних зсувів вітру на літак можна пояснити таким чином. При зміні висоти під час зльоту та посадки літак пересікає рівні, на яких швидкість та напрям вітру значно відрізняються від попередніх. Внаслідок інерції літак продовжує деякий час рухатися з попередньою швидкістю, тому повітряна швидкість (швидкість обтікання) зміниться на величину зсуву вітру, що в свою чергу приведе до зміни діючих на літак аеродинамічних сил, зокрема підйімальної сили.

За рекомендацією ІКАО напрям зсуву вітру визначається відносно напрямку руху літака (вісі ЗПС). Наприклад, в найнижчому шарі атмосфери, від рівня ЗПС і до висоти 30...50 м спостерігається сильний поздовжній (уздовж ЗПС) зсув вітру, вітер з висотою збільшується. Для літака, який йде на зниження, це буде від'ємний зсув вітру і він при зниженні буде мати знижену повітряну швидкість, що призведе до його "провалювання" та до недольоту відносно ЗПС (рис. 8.2).

Якщо при такому розподілі вітру розглядати зліт, то літак буде набирати висоту по більш стрімкій траєкторії, тобто повинно спостерігатися його "підкидання".

При недостатньому зсуві вітру має місце зворотна картина – «підкидання» літака при посадці та «провалювання» при зльоті.

При боковому зсуві вітру відбувається знос літака праворуч або ліворуч відносно ЗПС в залежності від напрямку зсуву вітру.

Великі зсуви вітру в усіх випадках впливають на літак, як сильні раптові пориви вітру, які особливо небезпечні для надзвукових літаків, що мають обмежені можливості при невеликих швидкостях, з якими виконуються зліт та посадка.

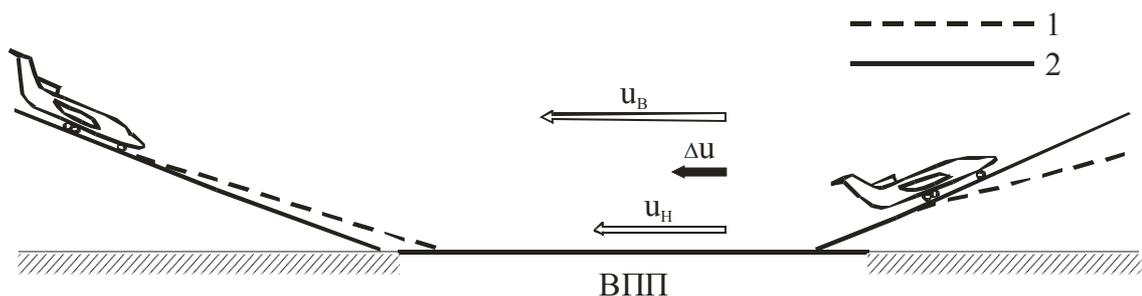


Рис. 8.2 - Приклад впливу вертикального зсуву вітру на зліт та посадку:

1 - припускна, 2 - дійсна траєкторія руху ПС.

Контрольні запитання

1. У чому виражена небезпека сильного бокового вітру або бокової складової вітру?
2. У чому виражена небезпека сильних зсувів вітру при зльоті та посадці літаків?
3. Які аеросиноптичні умови сприяють виникненню сильних зсувів вітру?

Вихідні матеріали щодо виконання завдань 2-5

1. Приземні карти (фактичні та прогностична).
2. Карти АТ-850 гПа (фактичні та прогностична).
3. Градієнтна та екстраполяційна лінійки.

Завдання 2

Для аеродромів зльоту та посадки по трасі, яка вказана викладачем, розрахувати вертикальні зсуви вітру в граничному шарі атмосфери.

Методичні вказівки

Теорія граничного шару атмосфери, доповнена емпіричними даними, дозволяє розраховувати вертикальний розподіл вітру в нижньому шарі атмосфери. При цьому враховуються ефекти динамічної і термічної взаємодії підстильної поверхні і натікаючого потоку, а також великомасштабні баричні і термічні поля.

Спочатку визначають вертикальні зсуви вітру при умовах відсутності адвекції за табл. 8.2. Для цього необхідна швидкість градієнтного вітру біля поверхні землі u_g , а також параметр стратифікації, який розраховується за формулою:

$$S = \frac{330}{u_g} \cdot (15,0 - (T_0 - T_{850})),$$

де u_g - швидкість геострофічного вітру біля поверхні землі,

T_0 - температура повітря біля поверхні землі,

T_{850} - температура повітря на ізобаричній поверхні 850 гПа.

За значеннями u_g і S (табл. 8.2) для обраного шару визначають $|\Delta \vec{u}_z|$ без урахування адвекції температури, тобто для умов баротропної атмосфери (проміжні значення одержують за допомогою інтерполяції).

Урахування адвекції здійснюється за даними табл. 8.3. Необхідні параметри:

- dT/dn - модуль горизонтального градієнта температури ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ км}$);

- ψ - кут між напрямом ізогіпси та ізотерми на карті АТ-850 гПа. (Кут ψ за модулем менший 180° . Тому за додатний кут приймається кут, при якому ізотерма від ізогіпси відхиляється ліворуч - проти годинникової стрілки, що відповідає адвекції холоду, а за від'ємний такий, при якому ізотерма від ізогіпси відхиляється праворуч - за годинниковою стрілкою, що відповідає адвекції тепла).

Прогноз вітру на висоті кола

Екіпажам літаків і диспетчерському складу для безпечної посадки необхідна інформація про вітер на висоті кола. Ця висота становить 300...600 м і визначається інструкцією по проведенню польотів на даному аеродромі.

У випадку відсутності кулепілотних і радіозондових спостережень швидкість вітру u на висоті кола у найближчі 3 год можна оцінити, якщо знати швидкість геострофічного вітру u_g , яка визначається за приземним

полем тиску. У цьому випадку передбачається проходження атмосферних фронтів на відстані більше 300 км від аеродрому.

Таблиця 8.2 - Значення вертикального зсуву вітру $|\Delta \vec{u}_z|$ без урахування адвекції температури при різних значеннях швидкості геострофічного вітру u_g і параметра стратифікації S

Шар, м	Параметр стратифікації S											
	-50...-11			-10...+50			50...150			> 150		
	Швидкість геострофічного вітру u_g , м											
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
10...40	1,4	2,5	3,5	1,5	2,6	3,6	2,2	3,4	4,1	3,2	4,7	5,8
40...70	0,5	0,9	1,2	0,5	1,0	1,3	1,2	1,7	2,1	2,1	2,8	3,4
70...100	0,6	1,1	1,4	0,7	1,1	1,5	1,8	2,5	3,0	3,0	4,2	5,0
100...200	1,9	1,5	2,1	1,0	1,7	2,2	4,7	6,2	7,4	4,2	10,8	13,0
200...300	1,1	1,4	1,8	1,2	1,7	1,9	3,0	7,7	9,0	0,3	6,7	8,1

Таблиця 8.3 - Поправочний множник C до значення вертикального зсуву вітру для урахування адвекції температури

Шар, м	Кут ψ , град						
	-154...-111	-110...-65	-64...-21	-20...20	21...64	65...110	111...154
dT/dn менше 2 °C/100 км							
10...40	0,96	0,98	1,02	1,03	1,03	1,01	0,98
40...70	0,96	0,97	1,02	1,05	1,03	1,02	0,99
70...100	0,96	0,98	1,02	1,04	1,03	1,02	0,98
100...200	0,97	0,97	1,00	1,01	1,01	1,01	0,97
200...300	0,99	0,99	1,00	1,01	1,00	1,00	0,99
dT/dn від 2 до 4 °C/100 км							
10...40	0,85	0,97	1,06	1,14	1,12	1,04	0,95
40...70	0,87	0,94	1,08	1,15	1,13	1,04	0,96
70...100	0,88	0,94	1,06	1,14	1,11	1,04	0,96
100...200	0,91	0,97	1,05	1,11	1,08	1,02	0,96
200...300	0,96	0,98	1,07	1,08	1,05	1,01	0,96
dT/dn більше 4 °C/100 км							
10...40	0,76	0,89	1,10	1,26	1,20	1,00	0,95
40...70	0,77	0,89	1,11	1,26	1,19	1,00	0,96
70...100	0,78	0,89	1,11	1,24	1,17	1,04	0,95
100...200	0,84	0,93	1,12	1,20	1,15	1,02	0,94
200...300	0,93	0,98	1,12	1,15	1,12	1,00	0,95

Для розрахунків швидкості вітру на висоті кола при внутрішньомасових квазістаціонарних процесах в рівнинних районах помірних широт використовують формулу, яка запропонована Н.В. Петренком і В.Г. Глазуновим:

$$u = 0,52u_g + 1,3 .$$

Напрямок вітру на висоті 300 м в середньому відхиляється на 20° ліворуч від напрямку геострофічного вітру. Відомо, що середня різниця вітру в шарі від 10 до 1000 м за інтервал часу 1 год дорівнює 1 м·с⁻¹, за 2 год - приблизно 1,5 м·с⁻¹, за 6 год - збільшується до 2 м·с⁻¹. Середні різниці напрямів вітру в цьому ж шарі за відрізок часу 1 год становлять 15° влітку і 10° взимку, за 2 год - відповідно 20 і 15°, за 6 годин - 40 і 30°.

Таким чином, у випадку неістотних змін баричного градієнта в найближчі 6 год в прогнозі вітру на висоті кола можна вважати напрям і швидкість вітру тими, що були в попередні 1...3 год.

Лише в умовах малохмарної сухої погоди весною і влітку слід враховувати добовий хід швидкості вітру. На висоті 300 і 600 м добовий хід швидкості вітру є протилежним добовому ходу біля поверхні землі. На цих висотах вночі швидкість вітру збільшується, а вдень слабшає.

Звертаючи увагу на можливі зміни баричного градієнта на протязі вказаного періоду, можна розрахувати швидкість вітру на висоті 300 і 600 м, виходячи зі співвідношення:

$$u'_h = \frac{\Delta p'}{\Delta p} \cdot u_h \pm \Delta u ,$$

де u'_h - очікувана швидкість вітру на висоті 300 або 600 м; u_h - швидкість вітру на тій же самій висоті за останній строк спостереження; Δp - різниця між тиском на аеродромі на рівні моря і на найближчій станції від нього, яка лежить на нормалі до ізобари, що проведена на приземній карті через місце розташування аеродрому; $\Delta p'$ - очікувана різниця тиску між цими пунктами; Δu - поправка на добовий хід швидкості вітру на висоті 300 або 600 м.

Знак поправки залежить від строку одержання даних спостережень: якщо вони отримані в строк між 00 СГЧ і сходом Сонця, то поправка на добовий хід швидкості вітру буде зі знаком "мінус"; якщо в строки між серединою дня та заходом Сонця - зі знаком "плюс". Найбільша амплітуда добового ходу швидкості вітру на висотах 300 і 600 м спостерігається в липні та серпні під час сухої малохмарної погоди з добре вираженим добовим ходом температури і незначними її адвективними змінами в південній і східній частинах антициклону.

Напрямок вітру на висотах 300 і 600 м в глибині материка незначно змінюється на протязі доби. Тому поправка на добовий хід напрямку вітру не вводиться. Якщо аеропорт знаходиться поблизу берега моря, великого водоймища або гірського хребта, то напрям вітру на висоті 300 і 600 м в літні місяці вдень може бути протилежний нічному, що обумовлено місцевими вітрами (гірсько-долинними та бризами).

У випадках відсутності градієнтних спостережень, кулепілотних і радіозондових даних прогноз вітру на висоті кола складається по приземному полю тиску за допомогою рівнянь регресії, якщо на період дії прогнозу не передбачається істотної зміни баричного градієнта і в районі аеропорту не очікується проходження фронтальних зон. Так, для Борисполя рівняння регресії мають вигляд:

$$k = \frac{u_{600}}{u_0} \quad \text{та} \quad \Delta d = dd_{600} - dd_0,$$

де k і Δd - перехідні коефіцієнти від приземного вітру до вітру на висоті кола за швидкістю і напрямом, відповідно; u_{600} , u_0 - швидкість вітру на висоті кола та біля поверхні землі; dd_{600} , dd_0 - напрям вітру на висоті кола та біля поверхні землі. Значення k і Δd наведені в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 - Середні значення коефіцієнтів k і Δd

Період року	Швидкість вітру, м·с ⁻¹							
	< 5		5...8		9...12		13...15	
	k	Δd	k	Δd	k	Δd	k	Δd
Тепле півріччя	2,2	22	1,5	16	1,1	12	1,0	8
Холодне півріччя	2,4	25	1,7	23	1,3	18	1,2	16

Контрольні запитання

1. Що зветься висотою кола?
2. Як прогнозується вітер на висоті кола?

Завдання 3

1. Скласти прогноз вітру на висоті кола для аеропорту Бориспіль.
2. Скласти прогноз вітру на висоті кола і оцінити його напрям для аеропортів зльоту та посадки.
3. Скласти прогноз вітру на висоті кола і оцінити його напрям з використанням даних аерологічного зондування атмосфери для аеропортів зльоту та посадки.

Вплив вітру на путьову швидкість та напрям руху літака при горизонтальному польоті

Напрямок та швидкість вітру дуже впливають на горизонтальний політ літака. В нерухомому повітрі напрям руху літака відносно поверхні землі збігається з напрямом його поздовжньої осі. Швидкість переміщення літака при цьому зветься повітряною швидкістю та позначається вектором \vec{V} . Однак повітря знаходиться в безперервному русі. Вітер являє собою горизонтальний рух повітря відносно земної поверхні. Вектор вітру позначимо \vec{u} . Геометрична сума вектору повітряної швидкості та вектору вітру дорівнює швидкості літака і зветься путьовою швидкістю, позначається вектором \vec{W} .

Побудований за цими векторами трикутник має назву навігаційного трикутника швидкостей (рис. 8.3). Елементи навігаційного трикутника є змінними величинами: γ - магнітний курс (курс польоту); φ - кут зносу; α - дійсний курс; ε - кут вітру.

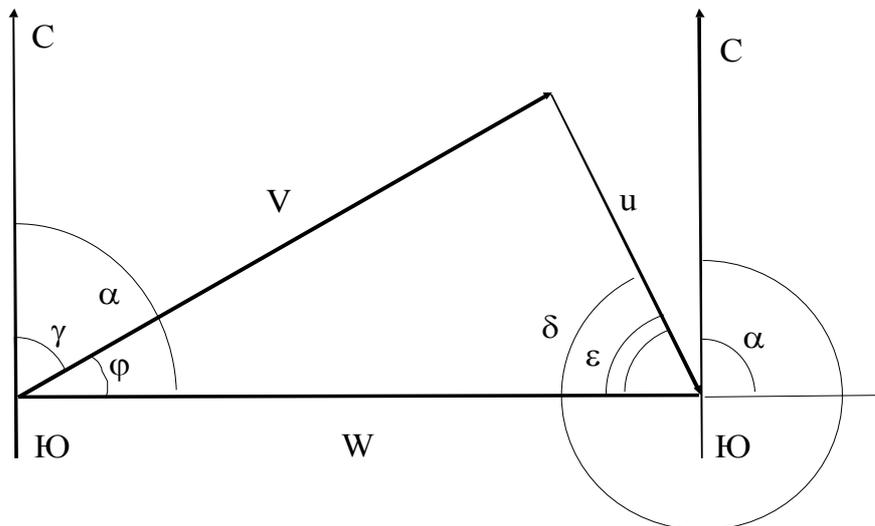


Рис. 8.3 - Навігаційний трикутник швидкостей.

Магнітний курс γ - це кут між північним напрямом географічного або магнітного меридіану N-S та напрямом поздовжньої осі літака.

Всі ці величини під час польоту зазнають великих змін по причині просторової і часової мінливості вектору швидкості вітру та інших метеорологічних параметрів.

З навігаційного трикутника випливає, що $\sin \varphi = \frac{u}{V} \cdot \sin \varepsilon$.

Таким чином, кут зносу прямо пропорційний відношенню швидкості вітру (u) до повітряної швидкості літака (V) і зносу кута вітру (ε). Якщо кут вітру складає 0° або 180° , що відповідає попутному або зустрічному

вітру, то кут зносу дорівнює нулю (тому, що $\sin 0^\circ = 0$, $\sin 180^\circ = 0$). При $\varepsilon = 90^\circ$ та $\varepsilon = 270^\circ$ (боковий вітер) кут зносу буде максимальним.

Відношення швидкості вітру до повітряної швидкості літака в окремих випадках може досягати 0,2...0,3 та більше, що свідчить про можливість значної зміни путьової швидкості та великого зносу літака. Так, наприклад, максимальні кути зносу для дозвукових літаків типу ІЛ-62 при польоті в зонах струминних течій (СТ) можуть перевищувати 10...15°.

Путьова швидкість літака залежить від напрямку та швидкості вітру. Найбільший вплив на її величину має попутний ($\varepsilon = 0^\circ$) і зустрічний ($\varepsilon = 180^\circ$) вітер. При попутному вітрі путьова швидкість підвищується на величину швидкості вітру, при зустрічному, навпаки, зменшується на цю ж величину. При попутному або зустрічному вітрі величина зміни путьової швидкості не залежить від повітряної швидкості літака, а при боковому вітрі - залежить. В усіх випадках, коли на висоті польоту спостерігається боковий вітер, наприклад, швидкістю 150 км·год⁻¹, незалежно від повітряної швидкості літак буде знесений вітром за 1 год на 150 км. Тому знання вітру по маршруту та його врахування є необхідною умовою виконання певного маршруту та виводу літака до пункту призначення.

З визначення кілометрової витрати палива випливає, що $C_k = \frac{C_{год}}{W}$,

причому, $C_{год}$ не залежить від швидкості вітру, а C_k - залежить: попутний вітер зменшує C_k , а зустрічний - збільшує.

Максимальна дальність польоту (мінімальна кілометрова витрата палива) спостерігається при попутному вітрі ($\varepsilon = 0^\circ$), мінімальна дальність (максимальна кілометрова витрата палива) при зустрічному вітрі ($\varepsilon = 180^\circ$).

Існує декілька способів визначення вітру в польоті. Однак суть усіх способів зводиться до безпосереднього знаходження вектору путьової швидкості, тому, що:

- \vec{V} - вектор повітряної швидкості завжди відомий екіпажу (він визначається за допомогою покажчика повітряної швидкості);

- γ - курс літака відомий (визначається за допомогою різних покажчиків курсу);

- α - путьовий кут визначається як $\alpha = \gamma + \varphi$;

- \vec{W} визначають за наземними орієнтирами і за допомогою радіотехнічних, астрономічних та інших засобів;

- будують навігаційний трикутник та вектор вітру (\vec{u}) визначають як замикаючий вектор.

Контрольні запитання

1. Як впливає вітер на швидкість польоту літака?
2. Як змінюється напрям польоту під впливом вітру?
3. За допомогою яких формул визначається путьова швидкість і кут зносу літака?
4. Як оцінити зміну тривалості польоту під впливом вітру?

Завдання 4

1. Визначити для окремих ділянок траси кут зносу літака, курс та путьову швидкість, а також тривалість польоту (за вказівкою викладача).
2. Порівняти час польоту за маршрутом в стандартних умовах з часом польоту за маршрутом з урахуванням вітру і температури.
3. Визначити по карті АКП навігаційні характеристики на ділянках траси і характеристики вітру. Побудувати навігаційні трикутники швидкостей, пояснити всі його елементи, вказати напрям зносу літака.

Розрахунок вертикального профілю вітру над аеродромом

Для виконання безпечної посадки та безпечного зльоту літаків в нижньому 500-м шарі атмосфери необхідно знати вертикальний профіль швидкості та напрямку вітру в цьому шарі.

Швидкість вітру ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$) на рівні флюгера розраховується за формулою:

$$u_{\phi} = u_g r_{\phi} n_{v,\phi},$$

де u_g - швидкість градієнтного (геострофічного) вітру, яка визначається за приземною картою; r_{ϕ} - коефіцієнт, який враховує співвідношення між швидкістю градієнтного вітру і вітру біля поверхні землі для заданих умов шорсткості і стратифікації; $n_{v,\phi}$ - коефіцієнт, який враховує поправку на барокліність (зміну вітру з висотою). При стійкій стратифікації $n_{v,\phi} = 1$. Значення коефіцієнтів r_{ϕ} і $n_{v,\phi}$ наведені в табл. 8.5 та 8.6.

Таблиця 8.5 - Значення коефіцієнта r_{ϕ} при різних параметрах шорсткості z_0 в залежності від виду стратифікації граничного шару атмосфери

Стратифікація температури	$z_0, \text{см}$			
	0,1	1	10	100
Стійка ($\gamma \leq 0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$)	0,52	0,42	0,38	0,26
Байдужа ($0,6 < \gamma < 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$)	0,66	0,59	0,46	0,32
Нестійка ($\gamma \geq 1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$)	0,85	0,73	0,61	0,48

Таблиця 8.6 - Значення коефіцієнта $n_{\nu,\phi}$ при різних кутах ψ між ізогіпсами та ізотермами і горизонтальним градієнтом температури dT/dn на карті АТ-850 гПа для байдужої та нестійкої стратифікації

dT/dn , °C/100м	ψ , градуси								
	-180	-154	-110	-64	-20	+21	+65	+111	+155

	-155	-111	-65	-21	+20	+64	+110	+154	+180
< 0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5 – 1,4	1,05	1,02	0,97	0,94	0,96	0,98	1,03	1,06	1,05
1,5 – 2,4	1,10	1,4	0,94	0,88	0,92	0,96	1,06	1,12	1,10
$\geq 2,5$	1,15	1,06	0,91	0,82	0,88	0,94	1,09	1,18	1,15

Напрямок вітру біля поверхні землі розраховується за формулою:

$$\Delta d_{\phi} = d_{\phi} n_{\alpha,\phi},$$

де Δd_{ϕ} - кут між напрямом градієнтного вітру на приземній карті (d_g) і вітром біля поверхні землі d_{ϕ} ; $n_{\alpha,\phi}$ - коефіцієнт, який враховує поправку на барокліність.

Значення кута d_{ϕ} наведені в табл. 8.7, а значення коефіцієнта $n_{\alpha,\phi}$ - в табл. 8.8.

Таблиця 8.7 - Значення кута d_{ϕ} градуси (вліво) при різних параметрах шорсткості z_0 в залежності від виду стратифікації граничного шару атмосфери

Стратифікація температури	z_0 , см			
	0,1	1	10	100
Сстійка ($\gamma \leq 0,6$ °C/100 м)	23	27	31	37
Байдужа ($0,6 < \gamma < 1,0$ °C/100 м)	18	22	27	32
Нестійка ($\gamma \geq 1,0$ °C/100 м)	12	16	21	26

Таблиця 8.8 - Значення коефіцієнта $n_{\alpha,\phi}$ при різних кутах ψ між ізогіпсами та ізотермами і горизонтальним градієнтом

температури dT/dn на карті АТ-850 гПа для байдужої та нестійкої стратифікації (при стійкій стратифікації $n_{\alpha,\phi} = 0$).

dT/dn , °C/100м	ψ , градуси								
	-180	-154	-110	-64	-20	+21	+65	+111	+155

	-155	-111	-65	-21	+20	+64	+110	+154	+180
< 0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5 – 1,4	0,90	0,78	0,79	0,92	1,10	1,22	1,22	1,08	0,90
1,5 – 2,4	0,80	0,56	0,58	0,84	1,20	1,44	1,42	1,16	0,80
$\geq 2,5$	0,70	0,34	0,37	0,76	1,30	1,66	1,63	1,24	0,70

Швидкість вітру на стандартних висотах в нижньому шарі атмосфери розраховується за формулою:

$$u_z = u_\phi + u_g r_z n_{v,z}, \quad (8.3)$$

де u_ϕ - швидкість вітру біля поверхні землі на рівні флюгера; u_g - швидкість градієнтного вітру на приземній карті; r_z - коефіцієнт, який враховує профіль вітру при різних значеннях стратифікації та шорсткості; $n_{v,z}$ - коефіцієнт, який враховує барокліність атмосфери.

При розрахунках за (8.3) для поновлення профілю вітру в певний час слід використовувати швидкість вітру біля поверхні землі, яка визначена на цей момент на рівні флюгера, і відповідні параметри u_g , r_z , $n_{v,z}$. Якщо використовувати значення цих величин, які прогножуються, то, відповідно, отримаємо прогноз швидкості вітру на висоті z . Значення r_z для відповідної шорсткості z_0 і швидкості градієнтного вітру по приземній карті u_g з урахуванням характеру стійкості нижнього шару атмосфери наведені в табл. 8.9, а значення $n_{v,z}$ для певного горизонтального градієнта температури dT/dn на карті АТ-850 гПа і кута ψ - в табл. 8.10.

Таблиця 8.9 - Значення коефіцієнта r_z при різних параметрах шорсткості підстильної поверхні z_0 (см) і швидкості градієнтного вітру u_g ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$) з урахуванням стійкості атмосфери

Висота z , м	$z_0 = 0,1$			$z_0 = 1$			$z_0 = 10$			$z_0 = 100$		
	u_g			u_g			u_g			u_g		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Стійка стратифікація ($\gamma \leq 0,6 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ м}$)												
100	0,42	0,34	0,25	0,50	0,36	0,30	0,55	0,40	0,33	0,60	0,48	0,39
200	0,46	0,43	0,38	0,54	0,51	0,48	0,59	0,57	0,50	0,66	0,62	0,57
300	0,48	0,47	0,42	0,58	0,54	0,50	0,62	0,59	0,55	0,72	0,68	0,65
400	0,49	0,48	0,46	0,59	0,57	0,56	0,63	0,61	0,60	0,74	0,72	0,70
500	0,48	0,48	0,48	0,58	0,58	0,58	0,62	0,62	0,62	0,74	0,74	0,74
Байдужа стратифікація ($0,6 < \gamma < 1,0 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ м}$)												
100	0,16	0,11	0,10	0,20	0,14	0,12	0,26	0,18	0,16	0,33	0,23	0,20
200	0,24	0,18	0,15	0,29	0,21	0,17	0,38	0,28	0,23	0,48	0,35	0,29
300	0,30	0,23	0,19	0,36	0,28	0,23	0,48	0,37	0,30	0,60	0,47	0,38
400	0,35	0,27	0,23	0,41	0,38	0,28	0,55	0,42	0,36	0,69	0,53	0,45
500	0,34	0,30	0,25	0,41	0,36	0,30	0,54	0,48	0,39	0,68	0,61	0,52
Нестійка стратифікація ($\gamma \geq 1,0 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ м}$)												
100	0,06	0,05	0,04	0,11	0,10	0,08	0,17	0,14	0,11	0,23	0,19	0,15
200	0,10	0,08	0,06	0,17	0,14	0,12	0,25	0,21	0,17	0,33	0,28	0,23
300	0,12	0,10	0,08	0,22	0,18	0,15	0,32	0,26	0,22	0,42	0,35	0,29
400	0,14	0,11	0,10	0,25	0,21	0,18	0,37	0,30	0,27	0,49	0,40	0,35
500	0,15	0,13	0,12	0,26	0,23	0,21	0,40	0,34	0,30	0,53	0,50	0,40

Таблиця 8.10 - Значення коефіцієнта $n_{v,z}$ при різних кутах ψ між ізогіпсами та ізотермами і горизонтальним градієнтом температури dT/dn на карті АТ-850 гПа для байдужої та нестійкої стратифікації (при стійкій стратифікації $n_{v,z} = 0$).

dT/dn , $^\circ\text{C}/100\text{м}$	ψ , градуси									
	-180	-154	-110	-64	-20	+21	+65	+111	+155	

	-155	-111	-65	-21	+20	+64	+110	+154	+180	
< 0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0,5 – 1,4	0,95	0,96	0,98	0,98	1,04	1,04	1,01	1,01	0,95	
1,5 – 2,4	0,91	0,92	0,96	0,95	1,09	1,08	1,02	0,96	0,91	
$\geq 2,5$	0,88	0,88	0,45	0,93	1,14	1,11	1,03	0,95	0,88	

Напрямок вітру на стандартних висотах в нижньому шарі атмосфери визначається за формулою:

$$\Delta d_z = d_z n_{\alpha,z}, \quad (8.4)$$

де Δd_z - кут між напрямом градієнтного вітру на приземній карті і вітром на даному рівні z (проти годинникової стрілки); d_z - кут повороту вітру між стандартним рівнем і градієнтним вітром при неоднаковій шорсткості z_0 і різних швидкостях градієнтного вітру, але без урахування поправки на бароклінність; $n_{\alpha,z}$ - коефіцієнт, який враховує поправку на бароклінність.

Азимутний напрямок вітру на стандартних висотах визначається за формулою: $d_z = d_g - \Delta d_z$.

В табл. 8.11 наведені значення d_z при вихідних параметрах z_0 і u_g , а в табл. 8.12 - коефіцієнт $n_{\alpha,z}$ для різних кутів ψ і градієнтів температури dT/dn .

Таблиця 8.11 - Кут повороту d_z (градуси) при різних параметрах шорсткості підстильної поверхні z_0 (см) і швидкості градієнтного вітру u_g (м·с⁻¹) в залежності від стійкості атмосфери без урахування бароклінності

Висота z , м	$z_0 = 0,1$			$z_0 = 1$			$z_0 = 10$			$z_0 = 100$		
	u_g			u_g			u_g			u_g		
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Стойка стратифікація ($\gamma \leq 0,6$ °C/100 м)												
100	13	16	18	15	18	20	17	22	24	21	26	29
200	4	8	12	4	8	12	5	9	15	8	11	18
300	0	2	4	1	2	2	2	3	3	3	4	5
400	0	0	2	0	1	1	0	0	2	0	2	3
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Байдужа стратифікація ($0,6 < \gamma < 1,0$ °C/100 м)												
100	16	17	17	22	20	20	25	25	25	31	31	30
200	14	16	16	19	19	19	22	24	24	26	27	28
300	12	14	14	15	18	18	18	22	22	22	24	25
400	9	12	13	11	16	17	13	20	21	18	22	23
500	7	10	12	5	14	15	6	17	19	14	19	21
Нестійка стратифікація ($\gamma \geq 1,0$ °C/100 м)												
100	11	10	10	16	15	14	20	20	19	26	24	24
200	10	9	9	15	14	13	18	18	18	24	23	21
300	9	8	8	13	12	12	16	16	17	22	19	19
400	7	7	7	10	11	12	12	15	16	18	18	18
500	5	6	6	4	10	11	5	13	15	12	14	16

Таблиця 8.12 - Значення коефіцієнта $n_{\alpha,z}$ при різних кутах ψ між ізогіпсами та ізотермами і горизонтальним градієнтом температури dT/dn на карті АТ-850 гПа для байдужої та нестійкої стратифікації (при стійкій стратифікації $n_{\alpha,z} = 0$)

dT/dn , °C/100м	ψ , градуси								
	-180	-154	-110	-64	-20	+21	+65	+111	+155
...
	-155	-111	-65	-21	+20	+64	+110	+154	+180
< 0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0,5 – 1,4	1,20	1,20	1,06	0,90	0,83	0,82	0,90	1,06	1,20
1,5 – 2,4	1,40	1,48	1,20	0,87	0,67	0,70	0,90	1,17	1,40
$\geq 2,5$	1,62	1,70	1,32	0,75	0,55	0,58	0,90	1,28	1,62

Контрольні запитання

1. Які фізичні фактори враховуються в методиці розрахунку вертикального профілю вітру?
2. Яка роль температурної стратифікації в формуванні вертикального профілю вітру?
3. Яка роль динамічних параметрів в формуванні вертикального профілю вітру?

Завдання 5

Побудувати профіль вітру в аеропортах зльоту і посадки літака (за вказівкою викладача).

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии.- Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 184 с.
3. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 67 - 71.
4. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
5. Материалы метеорологических измерений на высотной мачте. – Обнинск, 1984. – Вып. 2, ч. 7. – 51 с.
6. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 203 - 213.

Звітні матеріали

1. Рішення задач із завдання 1 (в робочому зошиті).
2. Розрахунки вертикальних зсувів вітру (в робочому зошиті).
3. Текст прогнозу вітру на висоті круга (в робочому зошиті).
4. АКП з навігаційними трикутниками швидкостей на заданій ділянці авіатраси.
5. Профілі вітру в аеропортах (в робочому зошиті).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

СТРУМИННІ ТЕЧІЇ В АТМОСФЕРІ ТА ЇХ АЕРОНАВІГАЦІЙНЕ ЗНАЧЕННЯ

Мета роботи: вивчити методи діагнозу та прогнозу струминних течій.

При польотах на великих висотах, особливо у зонах струминних течій (СТ), урахування впливу вітру на дальність та тривалість польотів є дуже важливим фактором. Це свідчить про велике аеронавігаційне значення СТ. В ряді країн використовуються обчислювальні машини для визначення найвигідніших маршрутів літаків при польотах на великі відстані.

В теперішній час розроблені методи, які дозволяють за даними про поле вітру (тиску) в районі польотів прокласти маршрут, за яким літак прилетить до пункту призначення з малою витратою часу. При цьому загальний час польоту за зазначеним маршрутом (траєкторії мінімального часу польоту) значно менший часу, який необхідно для польоту за найкоротшим шляхом (ортодомією). Вплив вітру на параметри руху повітряного судна найбільш суттєвий при великих швидкостях вітру, особливо в областях СТ.

Струминні течії найбільш активні в холодний період року. Вони поділяються на тропосферні та стратосферні. Серед тропосферних СТ відрізняють позатропічні, тропічні та екваторіальні.

Позатропічні СТ змінюють своє положення в залежності від зміни положення атмосферних фронтів. Вісь СТ (де спостерігається найбільша швидкість вітру) звичайно розташована в теплом повітрі, частіше на 1...2 км нижче тропопаузи. Ширина СТ складає, як правило, 700...1300 км; вертикальна потужність – 6...10 км; горизонтальна протяжність – декілька тисяч км.

Субтропічні СТ мігрують на протязі року: взимку вони знаходяться в зоні 25...30° півн. ш., влітку – 35...40° півн. ш. Вісь СТ розташована на висоті приблизно 12 км. Ці СТ мають більшу інтенсивність та стійкість у порівнянні з позатропічними. Їх ширина в середньому 1500 км, потужність 8...12 км. Особливо значні швидкості вітру в цих СТ спостерігаються над Японією (до 650 км·год⁻¹) та Тихим океаном (до 750 км·год⁻¹).

Екваторіальні СТ мають східний напрям (на відміну від інших видів СТ). Вони спостерігаються на висотах до 20 км та поки що недостатньо вивчені.

Стратосферні СТ спостерігаються в усіх широтах, їх вісь розташована вище тропопаузи, швидкість в них менша, ніж в тропосферних СТ і не перевищує 200 км·год⁻¹.

Струминні течії можна розпізнати за смугами C_i та C_s , які виникають паралельно вісі з теплого боку СТ.

Для СТ характерні великі швидкості вітру та значна турбулентність, яка пов'язана з областями сильних зсувів вітру ($5 \dots 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 1 км висоти та $7 \dots 10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 100 км по горизонталі). Інтенсивна турбулентність відмічається, в основному, з холодного (циклонічного) боку СТ (часто при ясному небі). Політ краще здійснювати поблизу вісі СТ: тут мала турбулентність та великі швидкості вітру. При польоті на великі відстані це дозволяє скоротити час польоту або збільшити його дальність.

Діагноз і прогноз струминних течій

Для діагнозу та прогнозу струминних течій використовують фактичні та прогностичні карти баричної топографії рівнів 400, 300 та 200 гПа, а також карти максимального вітру. СТ виявляються за згущенням ізогіпс в висотних фронтальних зонах.

Для прогнозу поля вітру над певним районом проводяться розрахунки горизонтального переміщення вісі СТ завчасністю 24 год за *методом прямокутника*, який запропонував *Е. Рейтер*. Цей метод базується на припущенні, що вісь СТ переміщується разом з осередненим на великій площі потоком на поверхні 300 гПа. Спочатку розраховують меридіональну $u_{\text{мер}}$ (градуси широти) та зональну $u_{\text{зон}}$ (градуси довготи) складові осередненого потоку в точці 0 з координатами φ_0 та λ_0 . Потім будують сітку з центром в точці 0, яка складається з відрізків меридіанів з координатами $\lambda_0 - 10^\circ$, λ_0 , $\lambda_0 + 10^\circ$ та відрізків паралелей з координатами $\varphi_0 - 7,5^\circ$, φ_0 , $\varphi_0 + 7,5^\circ$ (рис. 9.1).

Складові осередненої течії в точці 0 розраховуються за значеннями геопотенціалу H_i (гп. дам) за формулою:

$$\Sigma \Delta_{\varphi} H_i = (H_3 - H_1) + (H_5 - H_4) + (H_8 - H_1),$$

де H_i - значення висоти 300 гПа в відповідних вузлах сітки ($i = 1, 2, \dots, 8$).

Дійсно, $\Sigma \Delta_{\varphi} H_i$ пропорційна осередненому за площею широтному градієнту геопотенціала, тому вона характеризує середню меридіональну складову переносу над всім прямокутником.

Аналогічно зональну складову осередненого потоку обчислюють за формулою:

$$\Sigma \Delta_{\lambda} H_i = (H_6 - H_1) + (H_7 - H_2) + (H_8 - H_3).$$

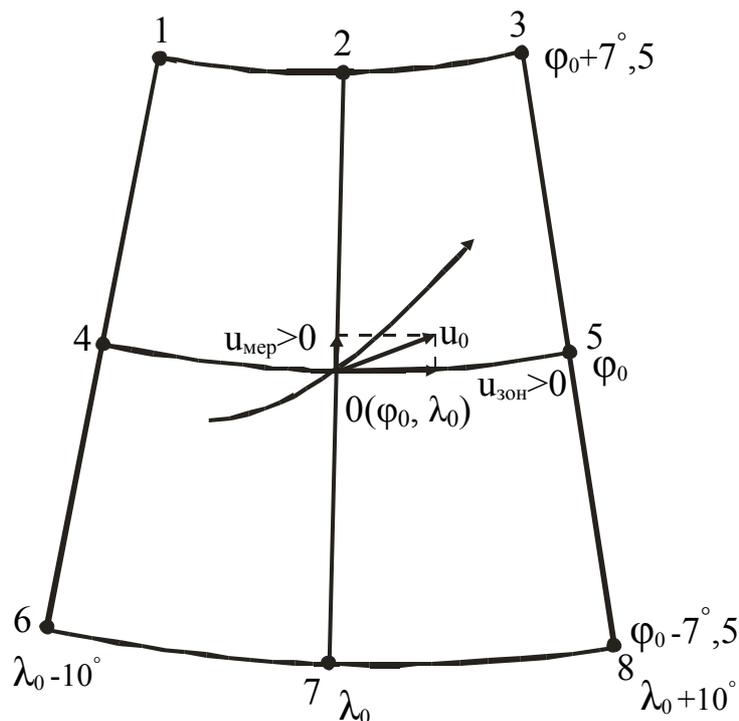


Рис. 9.1 - Визначення переміщення точки 0 на осі струминної течії за методом Е. Рейтера.

Переміщення точки на осі СТ, що очікується через добу, розраховується за рівняннями регресії

$$D_{\lambda} = 0,1 \Sigma \Delta_{\varphi} H_i , \quad (9.1)$$

$$D_{\varphi} = 0,1 \Sigma \Delta_{\lambda} H_i .$$

Якщо $D_{\lambda} > 0$, зміщення обраної точки осі відбувається на північ, при $D_{\lambda} < 0$ - на південь; при $D_{\varphi} > 0$ обрана точка осі СТ переміщується на схід, при $D_{\varphi} < 0$ - на захід. З урахуванням цього, з точки 0 відкладають (в градусах) вектори зональної та меридіональної складових переміщення осі СТ. Векторна сума цих складових визначає майбутнє положення точки 0 через 24 год.

Прогноз інтенсивності СТ та висоти його осі можна скласти за методом М.В. Петренка. В основу цього методу покладено припущення про відповідність рівня максимального вітру та рівня згладжування температур теплої та холодної повітряних мас або висоти, на якій горизонтальний градієнт температури дорівнює 0. Як вихідний матеріал використовується карта максимального вітру в початковий момент, прогностичні карти АТ-500, АТ-300 гПа, а також результати прогнозу горизонтального переміщення вісі СТ.

Метод прогнозу базується на використанні залежності між швидкістю вітру на осі СТ і швидкістю вітру на ізобаричних поверхнях, що

знаходяться нижче (p_0) та вище (p). Ця залежність може бути надана у вигляді співвідношення:

$$u_m = u_{p_0} + \Gamma_{500}(H_m - H_{p_0}),$$

$$u_m = u_p + \Gamma_{300}(H_p - H_m),$$
(9.2)

де u_m - швидкість вітру на осі СТ; H_m - висота осі СТ в гп. дам; u_{p_0} та u_p - швидкості вітру ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$) на ізобаричних поверхнях p_0 і p , перша з яких розташована нижче рівня максимальної швидкості на висоті H_{p_0} , а інша - над ним, на висоті H_p ; Γ_{500} - абсолютний вертикальний градієнт вектора швидкості вітру в шарі 1 гп км між поверхнею p_0 та рівнем максимального вітру; Γ_{300} - абсолютний вертикальний градієнт вектора швидкості вітру в тому ж шарі між поверхнею p та рівнем H .

З (9.2) витікає

$$H_m = \frac{u_p - u_{p_0} + \Gamma_{300}H_p + \Gamma_{500}H_{p_0}}{\Gamma_{300} + \Gamma_{500}},$$

$$u_m = \frac{u_p + u_{p_0}\Gamma_{300}/\Gamma_{500} + \Gamma_{300}(H_p - H_{p_0})}{1 + \Gamma_{300}/\Gamma_{500}}.$$
(9.3)

Значення Γ_{300} і Γ_{500} знаходять на графіках, які характеризують емпіричну залежність від швидкості вітру на прогностичних картах АТ-300 та АТ-500 гПа (рис. 9.2).

Якщо в початковий момент вісь СТ на карті максимального вітру розміщується між поверхнями $p_0 = 500$ гПа і $p = 300$ гПа, то формули (9.3) будуть мати вигляд:

$$H_m = \frac{u_{300} - u_{500} + \Gamma_{300}H_{300} + \Gamma_{500}H_{500}}{\Gamma_{300} + \Gamma_{500}},$$

$$u_m = \frac{u_{300} + u_{500}\Gamma_{300}/\Gamma_{500} + 3,6\Gamma_{300}}{1 + \Gamma_{300}/\Gamma_{500}}.$$
(9.4)

Якщо на карті вісь СТ знаходиться вище ізобаричної поверхні 300 гПа, то $p_0 = 300$ гПа і $p = 200$ гПа, а співвідношення має вигляд:

$$H_m = \frac{\Gamma H_{300} - \Gamma_0 H_{500} - u_{300} + u_{500}}{\Gamma - \Gamma_0},$$

$$u_m = \frac{\Gamma u_{500} - \Gamma_0 u_{300} + \Gamma_0 \Gamma (H_{300} - H_{500})}{\Gamma - \Gamma_0},$$
(9.5)

де Γ_0 - абсолютний середній градієнт швидкості вітру в шарі між поверхнею 500 гПа і рівнем максимальної швидкості вітру H_m ; Γ - та ж величина в шарі між поверхнями 300 гПа і H_m .

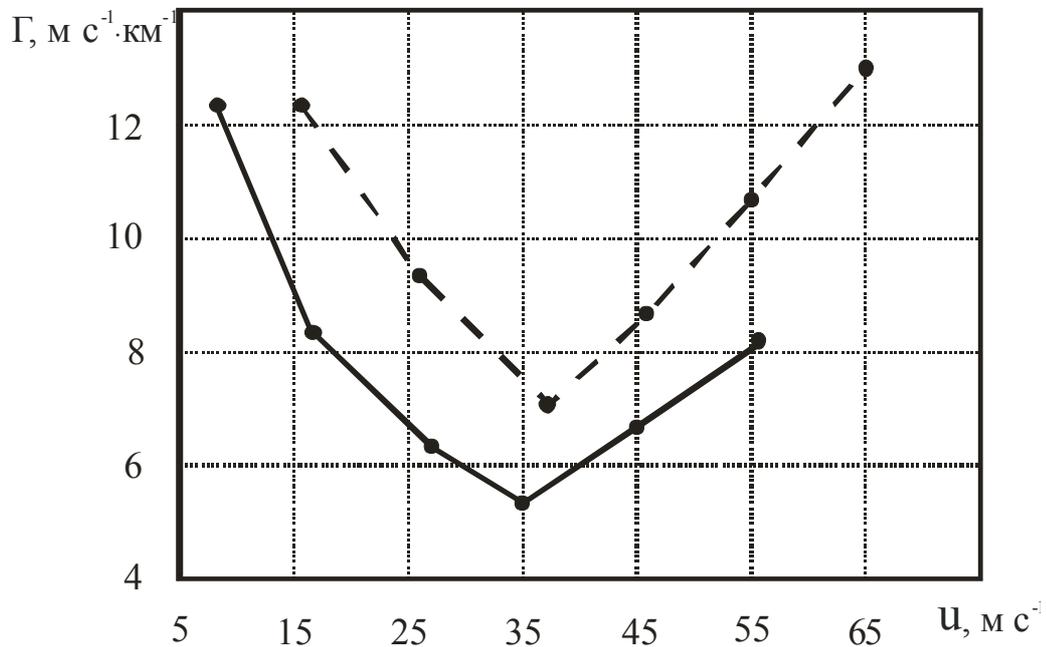


Рис. 9.2 – Залежність середніх значень Γ_{300} і Γ_{500} від швидкості вітру на поверхнях 300 і 500 гПа: - - - - Γ_{300} ; — Γ_{500} .

В основу методу обчислення висоти осі СТ, розробленого М.В. Петренко, покладено припущення про відповідність рівня максимального вітру і рівня вирівнювання температур теплої і холодної повітряних мас, або висоти, на якій горизонтальний градієнт температури стає рівним нулю. Відкладаючи горизонтальні градієнти температури (з урахуванням знаків) від вертикальної осі (шкали висот) на рівнях 300 і 200 гПа, визначають висоту осі СТ як рівень перетину лінії, що з'єднує отримані точки, з вертикальною віссю (рис. 9.3). Для більш точного розрахунку висоти СТ розроблена схема попереднього обчислення характеристик максимального вітру за чисельним прогнозом швидкості вітру на двох стандартних ізобаричних поверхнях і геопотенціалу цих поверхонь. Ця інформація необхідна екіпажам та службі КПр для уточнення розподілу вітру по висоті.

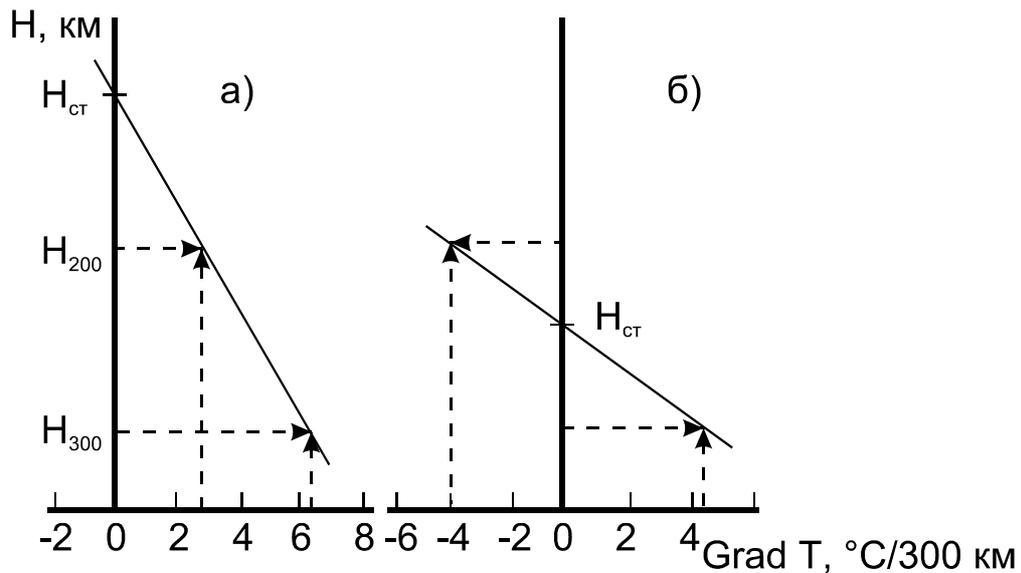


Рис. 9.3 – Визначення висоти осі СТ за методом М.В. Петренка:

а) при позитивних горизонтальних градієнтах температури на рівнях АТ-300 і АТ-200; б) при горизонтальних градієнтах температури на рівнях АТ-300 і АТ-200, що мають різні знаки.

Контрольні запитання

1. Як впливає СТ на відхилення від курсу та на путьову швидкість літака?
2. Яким чином можна визначити максимум швидкості вітру і висоту осі СТ за даними радіозондування?
3. Як визначається зміна положення осі СТ?
4. Як прогнозується швидкість вітру в висотних фронтальних зонах?
5. Яка інформація про СТ наноситься на авіаційні прогностичні карти?

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 67 - 71.
3. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
4. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 203 - 213.

Вихідні матеріали

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери (табл. 4.5, лабораторна робота 4).
2. Навчальний авіаційний метеорологічний атлас.

Завдання

1. Визначити висоту осі СТ, максимальну швидкість вітру і вертикальну потужність течії.
2. Скласти прогноз переміщення осі СТ за методом Е.Рейтера. Нанести на карту АТ-300 гПа майбутнє положення осі СТ. Оцінити умови польоту в цих умовах.
3. Визначити висоту осі СТ та швидкість вітру за методом М.В.Петренка.

Методичні вказівки

1. Для визначення висоти осі СТ за методом М.В. Петренка використовувати карти Навчального авіаційного атласу АТ-300, АТ-200 гПа (район вказує викладач).
2. Визначити горизонтальний градієнт температури на рівнях 200 та 300 гПа, використовуючи зняті з карти значення температури в точках з одного та іншого боку від осі СТ на відстані 150 км по нормалі до осі СТ. Відкласти ці величини з урахуванням знаку горизонтального градієнту температури на графіку (рис. 9.3). З'єднати ці точки прямою лінією, визначити висоту СТ в точці перетину вертикальної осі з побудованим відрізком.
3. Розрахувати зональні та меридіональні складові переміщення осі СТ за (9.1). Результати представити у вигляді таблиці. Напрямок зміщення визначити шляхом побудови в точці 0 на карті АТ-300 векторної суми векторів, що відповідають розрахованим (в градусах з урахуванням знаку) значенням D_λ і D_ϕ .

Таблиця - Розрахунок переміщення осі СТ за методом Е.Рейтера

№ п/п	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	u _{мер} градус широти	u _{зон} градус довготи	$u_0 = \sqrt{u_{мер}^2 + u_{зон}^2}$
1											
2											
3											
.											
.											

4. Нанести на кальку прогнозоване положення осі СТ. Визначити напрям польоту в районі СТ, при якому літак буде зазнавати максимального зносу.
5. Розрахувати u_m і H_m . За цими даними побудувати прогностичну карту максимального вітру і провести вісь СТ.

Звітні матеріали

1. Побудований профіль швидкості вітру з визначеними значеннями максимальної швидкості вітру, висоти осі СТ та вертикальної потужності СТ.
2. Графік висоти осі СТ, розрахованої за методом М.В. Петренка.
3. Калька ділянки карти АТ-300 з сіткою паралелей і меридіанів, центр якої поміщений в точку 0; побудова векторів $u_{\text{мер}}$, $u_{\text{зон}}$, u_0 та розрахунок прогностичного значення осі СТ (заповнена таблиця).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

ДІАГНОЗ І ПРОГНОЗ АТМОСФЕРНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ, ЯКА ВИКЛИКАЄ БОВТАНКУ ЛІТАКІВ

Мета роботи: ознайомитися з методами визначення зон інтенсивної турбулентності, які викликають бовтанку літаків; набути практичних навиків розпізнавання зон бовтанки за даними температурно-вітрового зондування атмосфери.

Серед метеорологічних явищ, що впливають на політ повітряного судна, одним з найбільш небезпечних є *атмосферна турбулентність*, що викликає інтенсивну бовтанку. Під бовтанкою розуміють різке переміщення літаків (гелікоптерів) в вертикальній площині. Раптове попадання літака в зону інтенсивної турбулентності може бути причиною серйозних несприятливих наслідків. Тому синоптикам слід вирішувати складну задачу діагнозу та прогнозу бовтанки літаків.

Атмосфера майже завжди знаходиться в турбулентному стані. Основна причина збурення повітряних течій - зсуви вітру в атмосфері та контрасти температури. До процесів, що обумовлюють такі контрасти, можна віднести: тертя повітряної течії об поверхню землі і, як наслідок, великі вертикальні градієнти вітру в нижньому шарі; деформацію повітряних течій горами і неоднакове нагрівання різних ділянок підстильної поверхні, що, в свою чергу, викликає термічну конвекцію та процеси хмароутворення. При цьому відбувається виділення теплоти конденсації та змінюється характер полів температури та вітру. При взаємодії повітряних мас, що різняться своїми властивостями, на їх межі дуже різко виявлені горизонтальні градієнти температури і вітру, існують шари інверсій, на яких можуть виникати гравітаційні хвилі, що втрачають при певних умовах стійкість.

При визначенні характеру турбулентності приймають до уваги не причини її виникнення, а особливості розвитку. Розрізняють механічну (орографічну), термічну (конвективну) і динамічну турбулентність.

Механічна турбулентність є функцією швидкості вітру біля поверхні землі, шорсткості земної поверхні, а також взаємного розташування напрямку вітру і напрямку гірської гряди. Внаслідок збурень, які виникають за рахунок нерівності земної поверхні, утворюються сильні висхідні течії, які і викликають бовтанку повітряних суден.

Термічна турбулентність утворюється при нерівномірному прогріві земної поверхні або при адвекції холодного повітря на теплу підстильну поверхню.

Динамічна турбулентність виникає в шарах атмосфери, де спостерігаються великі вертикальні і горизонтальні зсуви вітру та температури. За рахунок цих градієнтів і утворюються гравітаційні та

гравітаційно-зсувні хвилі, які при певних умовах руйнуються і переходять в турбулентні вихори більш дрібного масштабу.

Найбільш небезпечна для авіації турбулентність при ясному небі. *Турбулентність ясного неба (ТЯН)* - турбулентність вільної атмосфери поза зонами конвективної діяльності та турбулентності в пір'ястих хмарах.

Таким чином, в атмосфері на різних рівнях постійно існують турбулентні вихори різного масштабу. Ці вихори розвиваються, зникають, переміщуються, і кожен вихор по-своєму впливає на літальний апарат. Однак, для того, щоб атмосферні вихори викликали бовтанку літаків, їх розміри повинні бути сумірними з розмірами останніх.

Для прогнозу атмосферної турбулентності, яка викликає бовтанку літаків, використовують синоптичні, синоптико-статистичні і розрахункові методи.

Суть синоптичних методів прогнозу атмосферної турбулентності, яка викликає бовтанку літаків, полягає в комплексному аналізі приземних карт погоди та карт баричної топографії різних рівнів. Такий аналіз дозволяє визначити характер хмарності, наявність фронтів та їх активність. За допомогою висотних карт визначається форма баричного поля, напрям і швидкість вітру на висоті польоту, знак адвекції температури та дивергенції течії.

Синоптико-статистичний метод прогнозу бовтанки літаків в імовірній формі був запропонований М.І. Давидовим. Для кожної синоптичної ситуації визначена імовірність виникнення бовтанки будь-якої інтенсивності (група I), а також помірної та сильної бовтанки (група II). Перелік основних простих ознак бовтанки наведено в табл. 10.1. Різні сполучення простих ознак дозволили одержати комплексні ознаки (табл. 10.2), за допомогою яких можна визначити імовірність бовтанки в даному баричному полі на висоті польоту.

Розрахункові методи прогнозу бовтанки літаків зводяться до визначення числа Річардсона (Ri) або інших критеріїв, які характеризують турбулентний стан атмосфери.

Графічний метод прогнозу бовтанки зовсім не враховує горизонтальні градієнти температури та вітру, що вносить помилки в результати прогнозування.

Для визначення можливості зустрічі з турбулентними зонами на заданому ешелоні польоту доцільно використовувати інший метод – метод комплексу критеріїв. Цей метод полягає в наступному. Якщо із шести критеріїв турбулентності, визначити які можна за даними температурно-вітрового зондування (швидкість вітру $25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше, вертикальний градієнт швидкості вітру $\geq 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 1 км, горизонтальний градієнт швидкості вітру $\geq 5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 100 км, вертикальний зсув напрямку вітру $\geq 15^\circ$ на 1 км, вертикальний градієнт температури $\geq 7^\circ\text{C}$ на 1 км, горизонтальний

градієнт температури повітря ≥ 2 °С на 100 км), одночасно виконується не менше трьох, то в цьому районі слід указувати бовтанку.

Перед визначенням зон бовтанки методом комплексу критеріїв необхідно поділити маршрут польоту на ділянки довжиною 300...400 км, прийнявши за вузлові точки пункти, в яких виконується температурно-вітрове зондування атмосфери. Потім за даними зондування розрахувати вертикальні та горизонтальні градієнти температури і вітру для кожної ділянки траси на ешелоні польоту та оцінити швидкість вітру на заданій висоті.

В залежності від кількості параметрів, значення яких перевищують критичні, дається прогноз бовтанки літаків на заданому рівні.

Таблиця 10.1 - Імовірність бовтанки літаків при різних синоптичних ситуаціях

Номер ознаки	Тип синоптичної ситуації	Бовтанка будь-якої інтенсивності (група I)	Помірна та сильна бовтанка (група II)
	А. Для швидкості ≥ 90 км·год ⁻¹	0,54	0,26
1	Циклонічна частина течії	0,61	0,33
2	Антициклонічна частина течії	0,51	0,23
3	Вісь течії	0,28	0,07
4	Гребінь в течії	0,75	0,41
5	Улоговина в течії	0,51	0,26
6	Прямолінійна течія	0,50	0,23
	Б. Для швидкості < 90 км·год ⁻¹	0,35	0,12
7	Гребінь	0,39	0,11
8	Улоговина	0,43	0,20
9	Прямолінійна течія	0,31	0,10
	В. Для всіх значень швидкості	0,41	0,16
10	Збіжність або розбіжність ізогіпс	0,51	0,21
11	Відсутність збіжності або розбіжності	0,37	0,15

Контрольні запитання

1. Що зветься бовтанкою літаків?
2. Які причини призводять до збурення атмосфери, що викликає бовтанку літаків?
3. При яких синоптичних ситуаціях бовтанка літаків спостерігається найбільш часто?
4. Які критерії використовуються для діагнозу та прогнозу бовтанки?
5. Які методи прогнозу бовтанки літаків використовуються в оперативній практиці?

Таблиця 10.2 - Імовірність бовтанки літаків в залежності від сполучення простих ознак

Номер складної ознаки	Сполучення простих ознак	Імовірність бовтанки, %	Сполучення простих ознак	Імовірність бовтанки, %
	ГРУПА I		ГРУПА II	
1	1, 4, 10	90	1, 4, 10	90
2	2, 4, 10	87	1, 4, 10	87
3	1, 4, 11	85	2, 4, 10	59
4	2, 4, 11	79	1, 5, 10	58
5	1, 5, 10	77	1, 6, 10	51
6	1, 6, 10	77	2, 4, 11	50
7	1, 4, 10	72	1, 5, 11	49
8	2, 5, 10	69	2, 5, 10	48
9	2, 6, 10	69	1, 6, 11	41
10	1, 5, 11	67	2, 5, 11	40
11	1, 6, 11	66	2, 6, 10	39
12	3, 4, 11	59	2, 6, 11	30
13	2, 5, 11	54	3, 4, 10	28
14	8, 10	53	8, 10	25
15	1, 6, 11	49	3, 5, 10	23
16	7, 10	48	3, 4, 11	20
17	3, 6, 10	45	8, 11	17
18	3, 5, 10	41	7, 10	15
19	9, 10	41	3, 5, 11	15
20	8, 11	37	3, 6, 10	14
21	7, 11	34	9, 10	13
22	3, 5, 11	33	7, 11	10
23	3, 6, 11	32	9, 11	9
24	9, 11	27	3, 6, 11	9

Вихідні матеріали

1. Аеросиноптичний матеріал із Навчального авіаційного метеорологічного атласу чи АРМСину (автоматизованого робочого місця синоптика). Маршрут, пункт зльоту та посадки задаються викладачем.

2. Листи міліметрового паперу та кальки.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.

2. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Учебный авиационный метеорологический атлас. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 255 с.

3. Булдовский Г.С. Диагноз-прогноз интенсивной турбулентности, вызывающей болтанку самолетов по данным температурно-ветрового зондирования // Труды ГМЦ СССР. – 1979. - Вып. 215. – С. 3 – 12.

4. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 302 с.

5. Шакина Н.П. О возникновении турбулентности ясного неба // Труды ГМЦ СССР. – 1979. - Вып. 215. – С. 23 – 37.

Завдання

1. Маршрут польоту (попередньо перенести на кальку з баричним полем) розділити на ділянки протяжністю 300...400 км і для кожної ділянки визначити можливість виникнення бовтанки методом комплексу критеріїв і синоптико-статистичним методом М.І. Давидова.

2. Для декількох ділянок маршруту визначити шари з можливою бовтанкою графічним методом (рис. 10.1–10.3). Позначити зони бовтанки за числом Річардсона, вважаючи $Ri = 0,25$.

3. Виявити та обґрунтувати зони ТЯН за всіма методами.

Методичні вказівки

1. Для кожної ділянки траси довжиною 300...400 км скласти прогноз бовтанки літаків методом комплексу критеріїв. При цьому для кожної ділянки визначити параметри, які зазначені в табл. 10.3. Вертикальні градієнти зазначених параметрів визначити в шарах 400...300 та 300...200 гПа для одних і тих же точок маршруту і в подальшому використовувати найбільші значення. Усі параметри порівняти з критичними. Якщо на якій-небудь ділянці одночасно виконуються умови трьох і більше критеріїв (фактичні значення градієнтів більші критичних), то для цих ділянок маршруту слід вказувати бовтанку.

2. На аркуші міліметрового паперу накреслити сітку, необхідну для прогнозу бовтанки літаків графічним методом. Для цього користуватися масштабом: по вертикалі 1 см – 1 км, по горизонталі 1 см – $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ – для швидкості вітру; $3 \text{ }^\circ\text{C}$ – для напрямку вітру і $1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ – для температури повітря. У випадку дуже великих змін напрямку вітру і температури в шарі від землі до висоти польоту горизонтальний масштаб можна змінити, але відношення масштабів повинно залишатися постійним. Похилі лінії сітки проводяться з таким розрахунком, щоб кут їх нахилу до горизонтальної вісі складав $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 1 км; 15° на 1 км і $7 \text{ }^\circ\text{C}$ на 1 км.

Після викреслювання сітки на цей же лист за даними приземної карти і карт баричної топографії АТ-850, АТ-700, АТ-500, АТ-400, АТ-300 нанести вертикальні профілі швидкості вітру, напрямку вітру і температури повітря для пунктів вильоту і посадки.

Порівняти кут нахилу стандартних ліній сітки та реальних профілів температури і вітру, виділити шари можливої бовтанки літаків. Ці шари

будуть спостерігатися на тих висотах, на яких кут нахилу фактичного розподілу параметрів атмосфери з горизонтальною віссю буде менший за кут нахилу стандартних ліній сітки.

На окремому аркуші скласти аналіз отриманих результатів.

3. Для прогнозу бовтанки *синоптико-статистичним методом М.І. Давидова* необхідно для кожної ділянки визначити прості синоптичні ознаки (табл. 10.1) тієї синоптичної ситуації, в якій буде проходити політ на ешелоні, і за комплексом простих ознак зробити висновок про імовірність бовтанки будь-якої інтенсивності (група I), а також помірної та сильної бовтанки (група II). Імовірність бовтанки представлена в табл. 10.2. Результати аналізу занести до табл. 10.3.

Таблиця 10.3 – Прогноз атмосферної турбулентності методом комплексу критеріїв

Маршрут _____ Карта АТ за _____

Параметри турбулентності	Критичні значення	Номер ділянки маршруту		
		1	2	3
Швидкість вітру, м·с ⁻¹	25			
Вертикальний градієнт швидкості вітру, м·с ⁻¹ на 1 км	10			
Вертикальний градієнт температури, °С на 1 км	7			
Вертикальний градієнт напрямку вітру, ° на 1 км	15			
Горизонтальний градієнт швидкості вітру, м·с ⁻¹ на 100 км	5			
Горизонтальний градієнт температури, °С на 100км	2			
Прогноз бовтанки методом комплексу критеріїв				
Прості ознаки синоптичної ситуації				
Імовірність бовтанки групи I групи II				

4. Для прогнозу бовтанки за методом Булдовського Г.С. розрахувати вертикальний зсув вітру ($\Delta u/\Delta z$) та вертикальний градієнт температури γ в шарах товщиною 200...1000 м. За цими параметрами з графіка

(рис.10.1) визначають імовірність турбулентності P_1 . Іншими словами визначають зв'язок імовірності турбулентності з параметрами, які характеризують гідродинамічну нестійкість основної течії, що переважає в атмосфері.

Розрахувати значення $\Delta\gamma = \gamma_2 - \gamma_1$ і $\Delta \left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right| = \left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right|_2 - \left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right|_1$, у вигляді різниці градієнтів у двох суміжних шарах, і на графіку (рис. 10.2) визначити імовірність P_2 , тобто додатковий ефект вторинної нестійкості гребенів хвиль.

Вертикальний градієнт температури розраховується за формулою:

$$\gamma = \frac{T_i - T_{i+1}}{\Delta z},$$

вертикальний зсув вітру :

$$\left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right| = \frac{\sqrt{(u_{i+1} - u_i)^2 + (v_{i+1} - v_i)^2}}{\Delta z},$$

де $T_i, u_i, v_i, T_{i+1}, u_{i+1}, v_{i+1}$ - температура і складові швидкості вітру на рівнях, що знаходяться нижче z_i та вище z_{i+1} ; Δz - товщина шару $z_{i+1} - z_i$, яка повинна задовольняти умові $200 \leq \Delta z \leq 1000$ м.

Складові швидкості вітру розраховуються за формулами:

$$v = u_i \cos(270^\circ - dd_i), \quad u = u_i \sin(270^\circ - dd_i),$$

де u_i і dd_i – відповідно швидкість та напрям вітру на i -му рівні.

Розрахунок числа Річардсона (Ri) відбувається за формулою:

$$Ri = \frac{1962}{(T_i + T_{i+1} + 546)} \frac{\left(1 - \frac{T_i - T_{i+1}}{\Delta z}\right) (\Delta z)^2}{\sqrt{(v_{i+1} - v_i)^2 + (u_{i+1} - u_i)^2}},$$

де T_i та T_{i+1} задаються в градусах Цельсія, Δz – в сотнях метрів.

Значення $\gamma, \left| \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta z} \right|$ та Ri відносяться до середини шару, який знаходиться між рівнями z_i та z_{i+1} .

За рис. 10.3 уточнюють імовірність турбулентності P на основі вже отриманих імовірностей P_1 і P_2 .

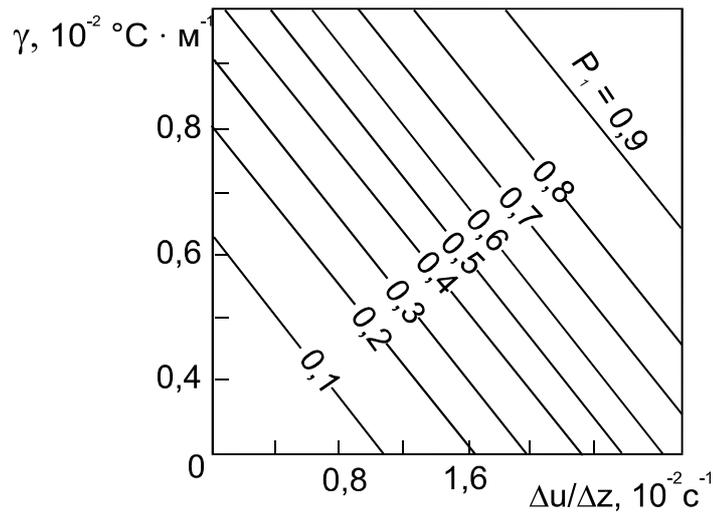


Рис. 10.1 – Залежність імовірності турбулентності P_1 від вертикального зсуву вектора вітру $\Delta u/\Delta z$ і вертикального градієнта температури γ .

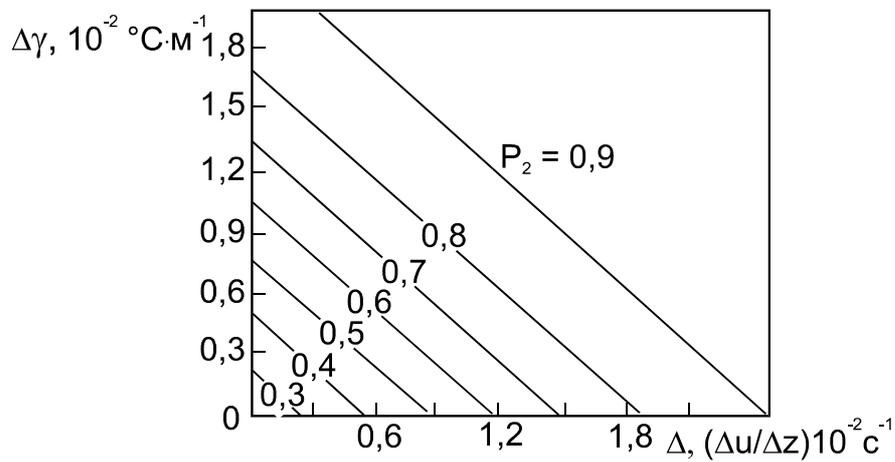


Рис.10.2 – Залежність імовірності турбулентності P_2 від кривизни вертикальних профілів вітру і температури.

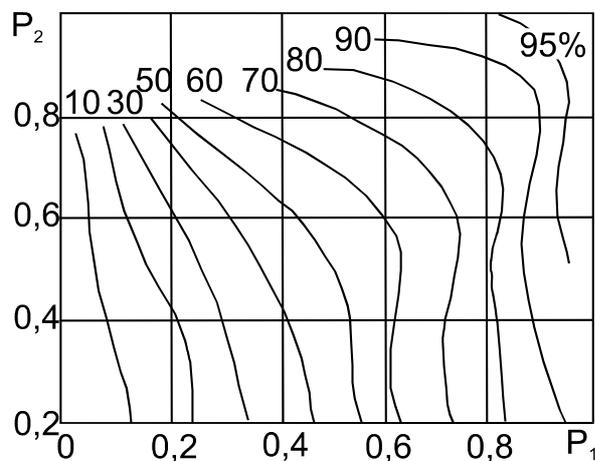


Рис. 10.3 – Визначення імовірності виникнення турбулентності за значеннями P_1 і P_2 .

5. На основі аналізу прогностичних карт баричної топографії АТ-400, АТ-300 гПа та карти струминної течії знайти зони помірної та сильної турбулентності імовірною 80...90 % за допомогою рис. 10.4. Зони ТЯН виникають:

а) в передній частині баричної улоговини, дельті ВФЗ (рис.10.4 а), в області відносно слабкого вітру ближче до антициклонічної кривизни ізогіпси при їх розходженні. В цій зоні часто мають місце значні вертикальні зсуви вітру.

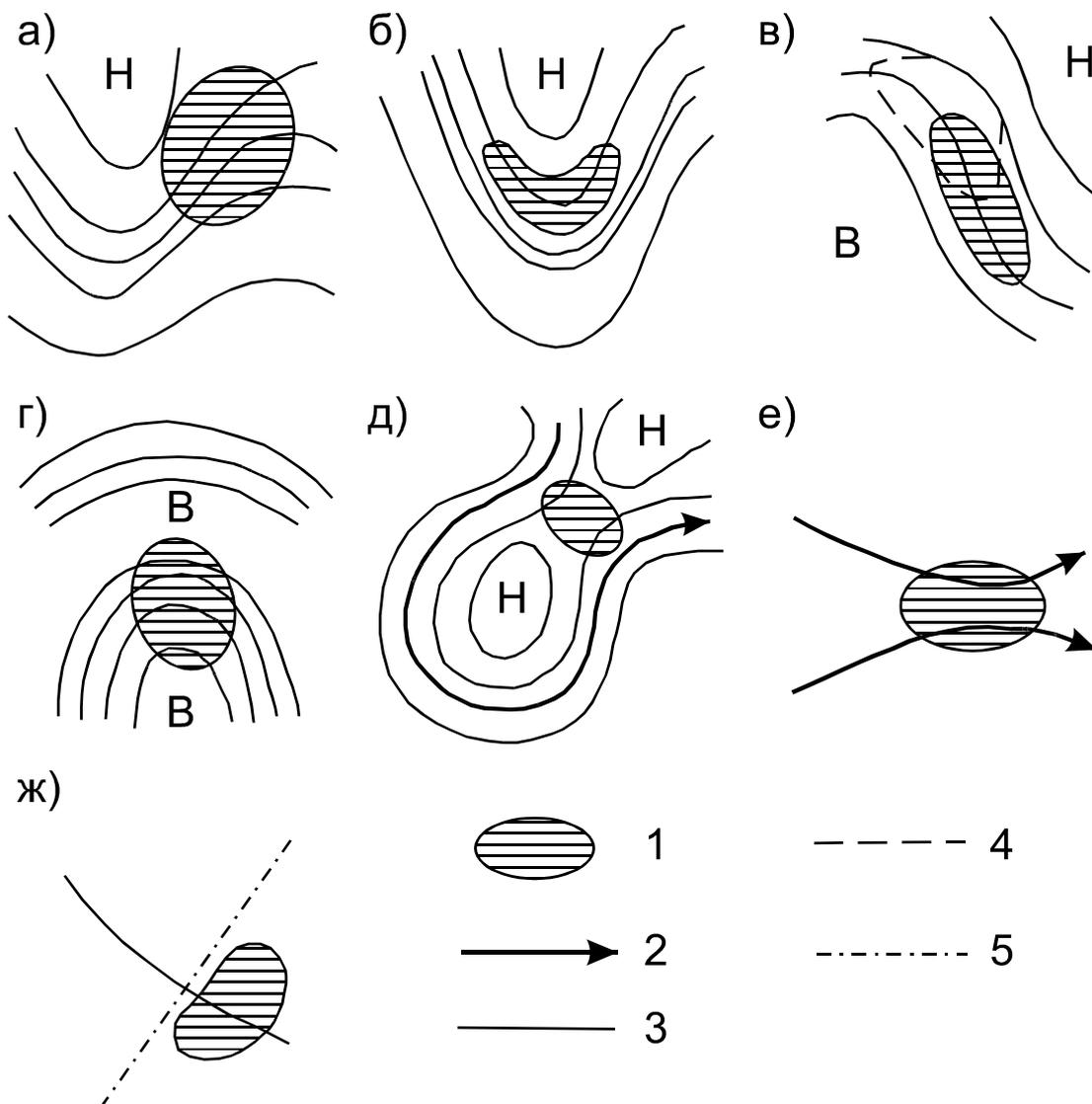


Рис. 10.4 – Синоптичні критерії прогнозу ТЯН, що враховують конфігурацію ізогіпс і СТ:

1 – зона ТЯН; 2 – вісь СТ; 3 – ізогіпси; 4 – ізотахи; 5 – вісь гірського хребта.

б) на осі баричної улоговини при наявності СТ (рис 10.4 б). Зона ТЯН розташовується поблизу (на відстані до 300 км) осі улоговини з циклонічного боку СТ. Необхідною умовою при цьому є також наявність адвекції холоду та значних горизонтальних градієнтів температури ($> 2,5 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ км}$) на рівні 300 гПа; швидке переміщення улоговини ($> 50 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$); сильні горизонтальні зсуви вітру ($> 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 100 км) в області найбільшого згущення ізотерм.

в) в тилу улоговини (рис. 10.4 в) при наявності СТ та адвекції холоду в зоні послаблення швидкості вітру за потоком.

г) на осі баричного гребеня (рис. 10.4 г) при наявності СТ, сильних вертикальних зсувів вітру ($> 1,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 100 км), значної швидкості вітру ($> 70 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$), різкого посилення антициклонічної кривизни СТ.

д) в сідловині при наявності ізольованого центру низького тиску (рис. 10.4 д).

е) в зоні злиття двох СТ (рис. 10.4 е), коли вони знаходяться на відстані не більше 500 км одна від одної.

ж) при перетині СТ гірського хребта (рис. 10.4 ж).

Звітні матеріали

1. Виділені зони бовтанки літаків (аркуш міліметрового паперу).
2. Калька маршруту польоту із вказівкою зон бовтанки.
3. Табл. 10.3 з результатами прогнозу.
4. Аналіз результатів прогнозу бовтанки в зошиті. При цьому вказати:
 - імовірність бовтанки на різних ділянках;
 - ознаки, що обумовили бовтанку;
 - висоти, на яких бовтанка можлива і за якими критеріями (графічний метод), для ділянок зльоту та посадки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

ДІАГНОЗ І ПРОГНОЗ ОБЛЕДЕНІННЯ

Мета роботи: вивчити методи діагнозу і прогнозу обледеніння літаків цивільної авіації; набути практичних навиків розпізнавання можливості обледеніння літаків за даними температурно-вітрового зондування атмосфери та карт АТ-850, АТ-700 і АТ-500 гПа.

До небезпечних для польотів метеорологічних явищ відносяться обледеніння повітряних суден і ожеледь.

Як відомо, сучасні літаки, вертольоти та гелікоптери обладнані системами, що спрямовані проти обледеніння. Але при забезпеченні безпеки польотів слід постійно враховувати можливість відкладення льоду на ПС під час польоту. Зліт і посадка літаків ускладнюються при відкладенні льоду на ЗПС. Ожеледь зменшує зчеплення коліс з поверхнею ЗПС, із-за чого порушується безпека цих етапів польоту.

Обледеніння ПС - явище, при якому літальний апарат під час польоту або стоянки на аеродромі покривається шаром льоду. Обледеніння призводить до збільшення ваги ПС і витрати пального, а також до зменшення тяги двигунів. Лід на склі кабіни пілотів погіршує умови огляду, ускладнює заходження ПС на посадку. Головна небезпека при обледенінні в тому, що порушуються аеродинамічні якості ПС. Обледеніння ПС відбувається в хмарах, які розміщені в шарі між поверхнею землі і висотою 2...3 км. При мінусових температурах найбільш імовірно обледеніння в водяних хмарах. В мішаних хмарах обледеніння залежить від водності. У внутрішньомасових шаруватих і шарувато-дощових хмарах при температурах від 0 до -10 °С майже завжди спостерігається обледеніння. Ці хмари розташовуються під шарами інверсії і мають значну водність біля верхньої межі хмарності.

У фронтальній хмарності найбільш інтенсивне обледеніння ПС відбувається в купчасто-дощових хмарах холодних фронтів. В шарувато-дощових і високо-шаруватих хмарах теплого фронту інтенсивне обледеніння спостерігається, якщо випадають слабкі опади або зовсім не випадають; а при сильних облогових опадах на теплому фронті імовірність обледеніння дуже мала.

Найбільш інтенсивне обледеніння може відбуватися при польоті під хмарами в зоні переохолодженого дощу і/або мряки. В хмарах верхнього ярусу обледеніння мало імовірно, але можливе інтенсивне обледеніння в Cs, Cc, якщо вони залишились після руйнування грозових хмар.

Обледеніння можливе при температурі від +5 до -50 °С в хмарах, тумані, опадах. Найчастіше обледеніння ПС спостерігається при температурі повітря від 0 до -20 °С, особливо від 0 до -10 °С.

Обледеніння відбувається внаслідок наступних причин:

- сублимації водяної пари на поверхні ПС. Це відбувається при швидкому зниженні ПС з більш холодних шарів атмосфери в більш теплі нижні шари або при вході в шар інверсії. В такому випадку утворюється слабкий наліт інею.

- замерзання переохолоджених крапель на поверхні ПС. Це основна причина обледеніння літаків з газотурбінними двигунами. Осадження крапель залежить від швидкості польоту.

Відкладення льоду в польоті залежить від мікроструктури хмар, виду опадів, температури і режиму польоту.

За своїм характером відкладення можуть бути у вигляді льоду, паморозі та інею. Лід буває прозорим, матовим (напівпрозорим, мішаним), білим. Прозорий лід утворюється при польоті в хмарах, що складаються лише з великих переохолоджених крапель, або під хмарами в зоні переохолодженого дощу при температурі від 0 до -10 °С. Матовий лід виникає при польоті в мішаних хмарах, які складаються з великої кількості дрібних і великих крапель, а також з кришталиків льоду і сніжинок. Таке відкладення льоду виникає частіш за все при температурі від -6 до -10 °С і є найбільш небезпечним видом обледеніння. Білий лід виникає внаслідок замерзання дрібних крапель при температурі нижче -10 °С. Такий вид обледеніння буває в хмарах, які складаються з однорідних дрібних крапель.

Паморозь утворюється при польоті в хмарах при температурі значно нижчій за -10 °С. Паморозь виникає при замерзанні дрібних крапель разом з кришталіками льоду. Іній виникає внаслідок сублимації водяної пари.

При аналізі і прогнозі умов обледеніння повітряних суден необхідно враховувати не тільки стан атмосфери, але й особливості конструкції ПС, їх швидкість і тривалість польоту.

Ступінь безпеки обледеніння можна оцінити за швидкістю наростання льоду. Характеристикою швидкості наростання є інтенсивність обледеніння I ($\text{мм}\cdot\text{хв}^{-1}$). За інтенсивністю розрізняють обледеніння слабе ($I \leq 0,5 \text{ мм}\cdot\text{хв}^{-1}$), помірне ($I = 0,6 \dots 1,0 \text{ мм}\cdot\text{хв}^{-1}$), сильне ($I > 1,0 \text{ мм}\cdot\text{хв}^{-1}$).

Метеорологічні і синоптичні умови обледеніння

Синоптичні умови, які сприяють обледенінню, в першу чергу пов'язані з розвитком фронтальної хмарності. У фронтальних хмарах імовірність помірного і сильного обледеніння в декілька разів вища порівняно з обледенінням у внутрішньомасових хмарах (відповідно 51 % в зоні фронту і 18 % в однорідній повітряній масі). Імовірність сильного обледеніння в зонах холодних фронтів становить 18 % і відмічається у вузькій смузі шириною 150...200 км вздовж лінії фронту біля поверхні землі. В зоні активних теплих фронтів сильне обледеніння спостерігається за 300...500 км від лінії фронту, його імовірність – 19 %.

Повторюваність обледеніння в осінньо-зимовий період більш велика і на різних висотах вона різна. Так, взимку при польотах на висотах до 3000 м обледеніння спостерігається в більш, ніж 50 % випадків, а на висотах понад 6000 м – в 20 % випадків. Літом до висот 3000 м обледеніння не виникає, а при польотах на висотах понад 6000 м становить 60 % і більше.

При прогнозі обледеніння необхідно враховувати стан і еволюцію хмар, а також стан повітряної маси.

Імовірність обледеніння в хмарах в першу чергу пов'язана з температурою оточуючого повітря T - одним з основних факторів, що визначає водність хмар. Додаткову інформацію про можливість обледеніння несуть дані про дефіцит точки роси ($T - T_d$) і характер адвекції в хмарах. Так, якщо при дефіциті точки роси більше $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ на рівні польоту в хмарах спостерігається адвекція холоду, то імовірність відсутності обледеніння становить лише 60 %, а в решті 40 % випадків імовірно невелике обледеніння літаків. У випадках адвекції тепла або нейтральної адвекції при дефіциті точки роси $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ імовірність відсутності обледеніння становить 100 %. При дефіцитах точки роси менших $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зонах адвекції холоду у фронтальних хмарах, в купчастих хмарах, що розвиваються, з імовірністю 100 % слід очікувати слабке і помірне обледеніння. В зонах адвекції тепла імовірність такого обледеніння становить лише 33 %.

Імовірність інтенсивного обледеніння істотно залежить від вмісту рідкої води в хмарах. Найбільш водяні - добре розвинуті купчасті хмари ($Cu\text{ cong}$, Sb), які формуються внаслідок значних (декілька метрів за секунду) вертикальних конвективних рухів повітря. Середня водність таких хмар $0,3...0,6\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$. Сильне і дуже сильне обледеніння спостерігається в верхній частині цих хмар, а в нижній частині хмари - слабке і помірне.

Водність шаруватих хмар St , Sc , Ns становить $0,2...0,3\text{ г}\cdot\text{м}^{-3}$. Інтенсивність обледеніння в цих хмарах помірна. Імовірність обледеніння в St , Sc зростає зі збільшенням їх товщини до декількох сотень метрів. Обледеніння в Ns , з якими пов'язані опади, мало імовірне.

Хмари середнього ярусу Ac , As водяні до температур $-10...-12\text{ }^{\circ}\text{C}$, тому імовірність помірного обледеніння становить 60...70 %.

Пір'ясті хмари складаються з льодових кришталіків, тому слабке обледеніння спостерігається лише в 5 % випадків.

Прогноз обледеніння

1. Після визначення наявності хмар проводиться аналіз розташування ізотерм 0, -10, -20 $^{\circ}\text{C}$. Обледеніння сучасних літаків найбільш імовірно при температурі не нижче -12 $^{\circ}\text{C}$.

2. При польоті з великими швидкостями внаслідок гальмування і стиснення повітряної течії попереду обтічного профілю відбувається

перетворення кінетичної енергії в теплову, так зване, кінетичне нагрівання поверхні літака. За рахунок кінетичного нагрівання температура поверхні літака (T_p) вища за температуру навколишнього повітря. Кінетичне нагрівання поверхні літака ΔT_k в повітрі без хмар можна знайти за формулою:

$$\Delta T_k = \frac{V^2}{2000},$$

де V - повітряна швидкість літака, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$. В хмарах кінетичне нагрівання ΔT_k^{xm} на 40...50 % менше. Дані про кінетичне нагрівання при різних значеннях швидкості польоту наведені в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 - Значення кінетичного нагрівання поверхні літаків при різній швидкості польоту

V , $\text{км}\cdot\text{год}^{-1}$	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
ΔT_k , $^{\circ}\text{C}$	2	4	6	10	14	19	25	31	38	47
ΔT_k^{xm} , $^{\circ}\text{C}$	-	2	4	6	8	11	15	19	23	28

Температуру поверхні літака T_p , можна розрахувати за формулою:

$$T_p = T + \Delta T_k^{xm}. \quad (11.1)$$

При польоті зі швидкістю V обледеніння можливе, якщо $T_p < 0$.

Для визначення умов обледеніння в хмарах на ешелоні польоту (рис. 11.1) знаходять температуру поверхні літака за температурою повітря на цій же висоті і швидкості польоту. Нагрівання бокових частин фюзеляжу та частин крила менше, ніж нагрівання передньої кромки крила. Таким чином, розрахувати кінетичне нагрівання бокових частин фюзеляжу можна шляхом введення коефіцієнту поновлення k , який дорівнює 0,9, 0,8, 0,7.

3. Наявність даних радіозондування дозволяє в оперативній практиці використовувати для прогнозу обледеніння співвідношення Годске

$$T_{н.л.} = -8 (T - Td), \quad (11.2)$$

яке зв'язує дефіцит точки роси з температурою насичення над льодом.

На аерологічну діаграму наноситься крива значень $T_{н.л.}$, визначених до десятих градуса, і виділяють шари, в яких $T \leq T_{н.л.}$. Інтенсивність обледеніння оцінюється за допомогою таких параметрів:

- при $T - Td = 0$ $^{\circ}\text{C}$ обледеніння в хмарах As , Ns (у вигляді паморозі) буде слабким і помірним; в St , Sc , Cu (у вигляді льоду) - помірно і сильно;
- при $T - Td > 0$ $^{\circ}\text{C}$ в чисто водяних хмарах обледеніння мало імовірно, в мішаних хмарах - переважно слабе, у вигляді паморозі.

Для уточнення можливості обледеніння К.Г.Абрамович запропонувала дискримінантну функцію:

$$L^* = -0,017H_{нмх} - 0,488T_{нмх} + 0,875, \quad (11.3)$$

де $H_{нмх}$ - висота нижньої межі хмар (дам), $T_{нмх}$ - температура на нижній межі хмар ($^{\circ}\text{C}$). При $L^* \geq 0$ указується помірне і сильне обледеніння; при $L^* < 0$ обледеніння ПС не виникає або можливе слабке обледеніння.

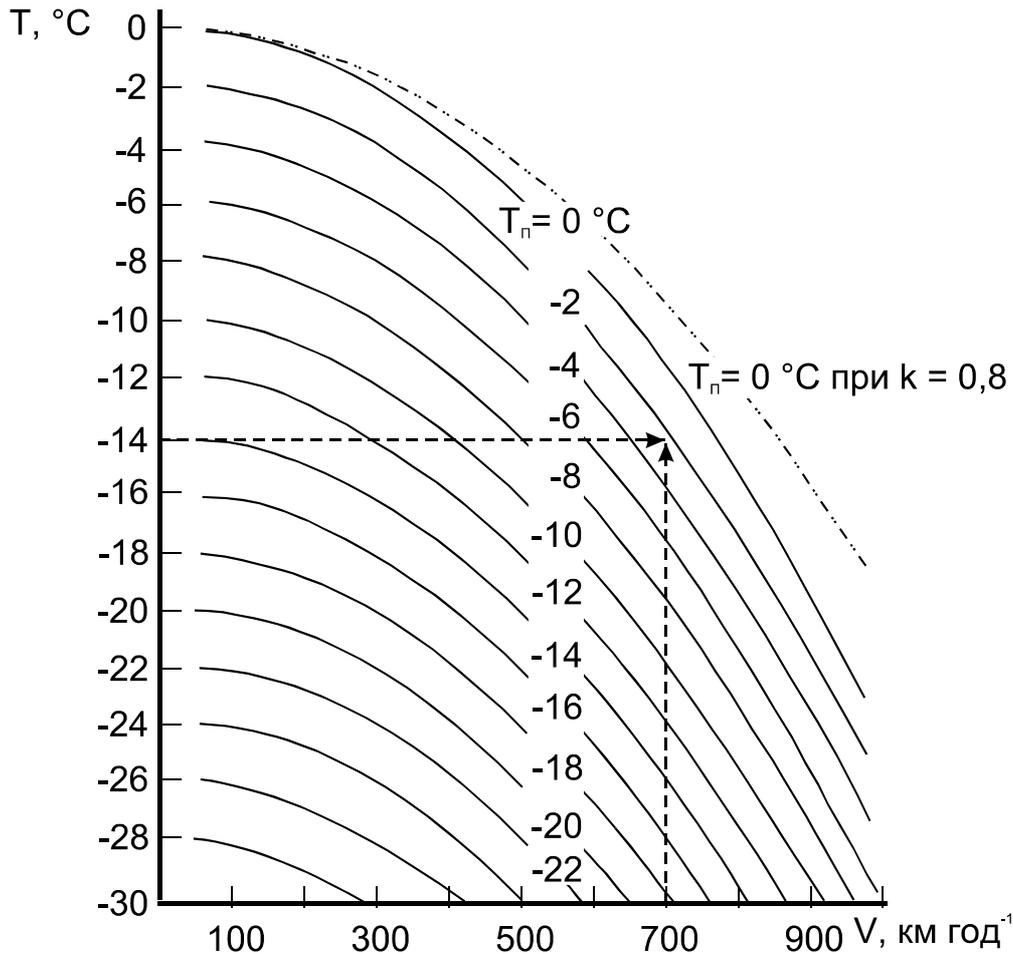


Рис. 11.1 - Графік для визначення температури поверхні літака при польоті в хмарах зі швидкістю V в залежності від температури оточуючого повітря при середньому коефіцієнті поновлення $k = 0,8$.

На графіку (рис. 11.2), похила лінія, що відповідає рівнянню (11.3), поділяє зони помірною і сильного обледеніння (I) та без обледеніння (II) в хмарах.

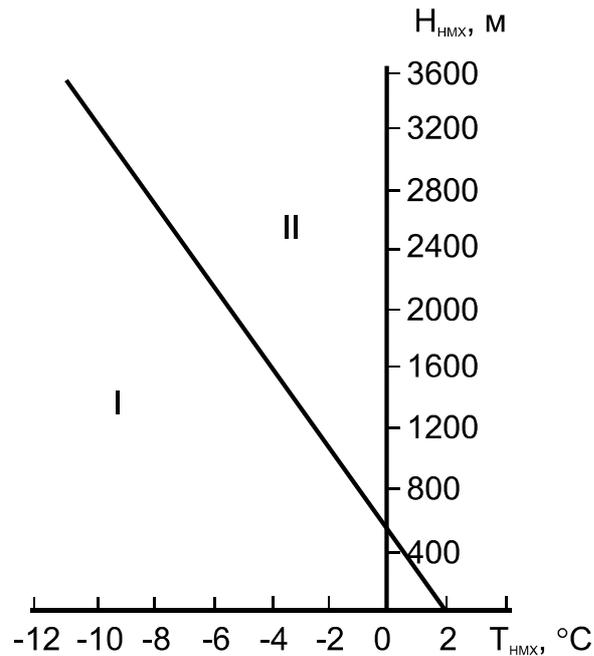


Рис. 11.2 - Графік для прогнозу умов помірнього і сильного обледеніння (I) і відсутності обледеніння (II) в хмарах.

Якщо дані радіозондування відсутні, то діагноз і прогноз обледеніння може бути проведений на основі аналізу карт АТ-850, АТ-700 і АТ-500 гПа. Можливість розвитку шаруватої хмарності (потенційних зон обледеніння) при виконанні умови $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ визначається за формулами:

$$L_{850} = 0,239T + 1,701(T - Td) - 2,046q - 1,751, \quad (11.4)$$

$$L_{700} = 0,091T + 0,654(T - Td) - 1,313q - 1,011, \quad (11.5)$$

$$L_{500} = 0,102T + 0,675(T - Td) - 2,301q - 0,256, \quad (11.6)$$

де T - температура повітря, $^{\circ}\text{C}$; Td - точка роси, $^{\circ}\text{C}$; q - масова частка водяної пари на відповідному рівні, %.

На рис. 11.3 наведена номограма, побудована за дискримінантною функцією (11.4).

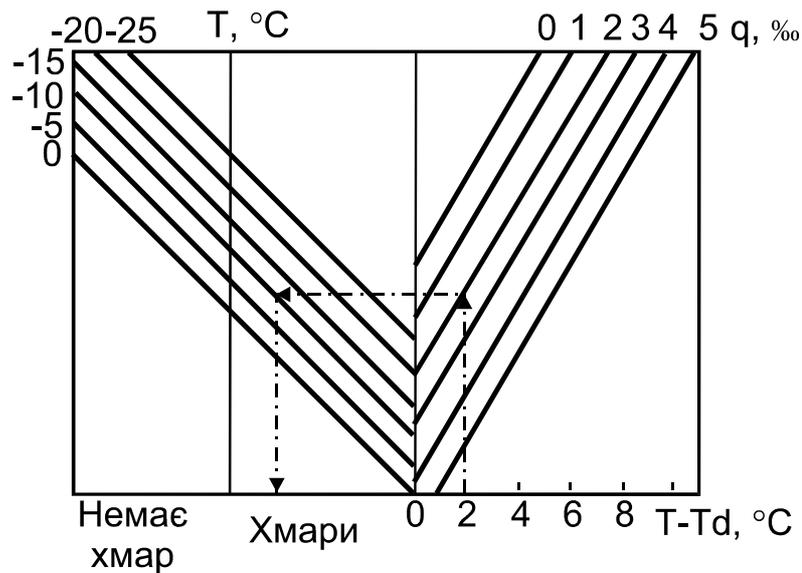


Рис. 11.3 – Номограма для прогнозу наявності та відсутності хмар (і відповідно умов обледеніння) на ізобаричній поверхні 850 гПа за сполученням параметрів $T - T_d$, q і T (за методом К.Г.Абрамович та І.А. Горлач).

При позитивних значеннях дискримінантних функцій (11.4 - 11.6) на відповідних рівнях обледеніння не виникає (відсутні хмари), при негативних – вказується можливість обледеніння (є хмари). Далі уточнюється можливість помірного і сильного обледеніння за методом Годске і дискримінантною функцією (11.3). В цьому випадку $H_{нмх}$ і $T_{нмх}$ - відповідні величини для нижчої із ізобаричних поверхонь, на яких можливе обледеніння. З урахуванням цього може бути використаний графік, приведений на рис. 11.2.

В зоні зниження і набору висоти необхідно визначити нижній рівень обледеніння в шарі хмар, тобто рівень, вище якого температура поверхні літака може бути від'ємною. Для цього слід до висоти нульової ізотерми додати величину δH (рис. 11.4).

4. Інтенсивність обледеніння літаків при наявності аерологічних даних знаходять за допомогою номограми (рис. 11.2), яка виражає залежність умов обледеніння від висоти нижньої межі хмар $H_{нмх}$ і температури $T_{нмх}$.

Для визначення інтенсивності обледеніння I ($\text{мм}\cdot\text{хв}^{-1}$) при польоті через шарувату хмарність слід користуватися номограмою (рис.11.5). Параметри якої: температура основи хмар $T_{нмх}$ ($^{\circ}\text{C}$), вертикальний градієнт температури в хмарах γ ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$), товщина хмарного шару ΔH (дам) і швидкість польоту літака V ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$).

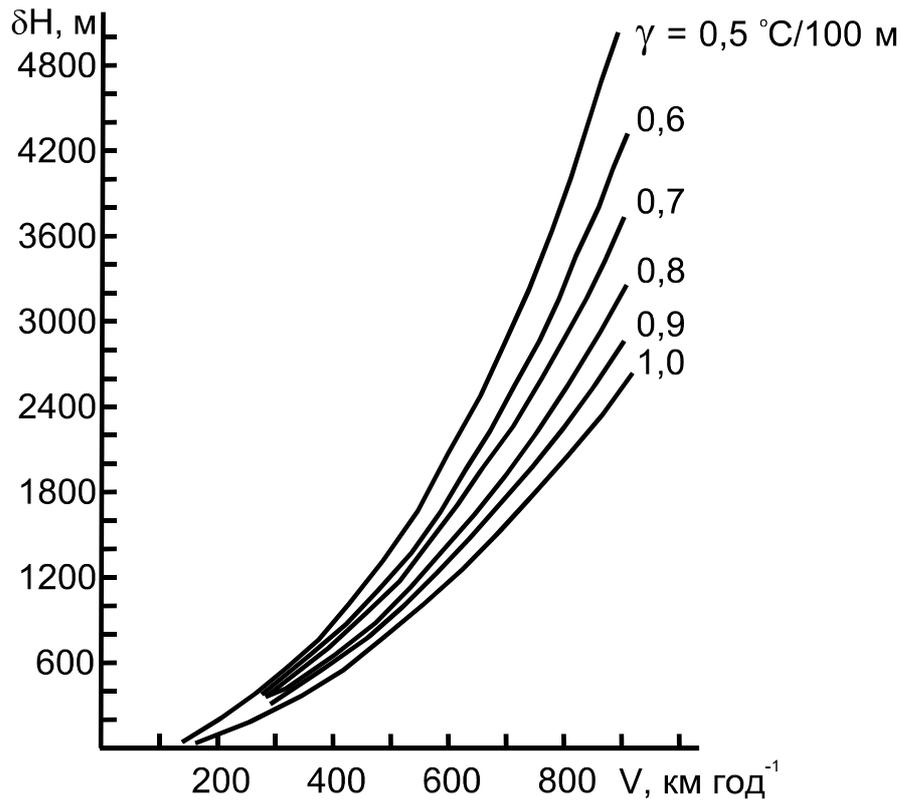


Рис. 11.4 - Різниця висот між нульовою ізотермою і рівнем початку обледеніння в залежності від швидкості польоту V і вертикального градієнту температури γ .

Контрольні запитання

1. Що таке обледеніння?
2. Назвати причини, що призводять до обледеніння літаків.
3. Які форми відкладення льоду можуть спостерігатися в польоті?
4. Які методи боротьби з обледенінням використовуються?
5. Як оцінюється можливість обледеніння за даними температурно-вітрового зондування атмосфери?
6. Як урахується кінетичне нагрівання при оцінці умов обледеніння?

Вихідні матеріали

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери.
2. Бланк аерологічної діаграми.
3. Карти Навчального авіаційного метеорологічного атласу.

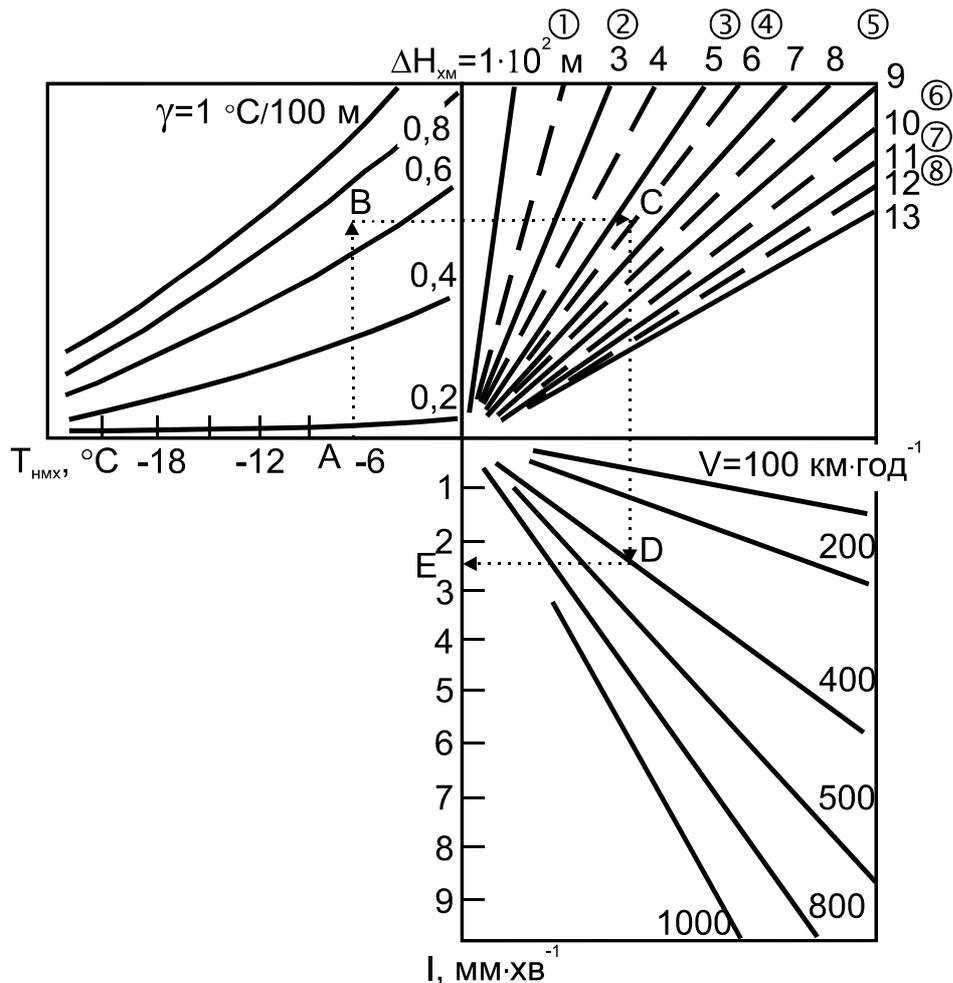


Рис. 11.5 – Номограма для оцінки інтенсивності обледеніння при польоті в шаруватих хмарах.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 67...71.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 203...213.
4. Cober S.G., Isaac G.A., Strapp I.W. Aircraft icing measurements in east coast winter storms// I.Appl. Meteord. – 1995. – Vol. 34, № 1. - P. 89...100.
5. The relationship between aircraft icing and synoptic-scale weather conditions /B.C. Bernstein. T.H. Omeron, F.McDonough, M. Politovich//Weather and Forecasting, - 1997. – Vol.12, № 12.- P. 742...762.

Завдання

За даними температурно-вітрового зондування атмосфери визначити:

- а) хмарні шари і можливість обледеніння літаків синоптичним методом;
- б) визначити шари обледеніння літаків методом Годске;
- в) визначити можливість помірного і сильного обледеніння з урахуванням висоти нижньої межі хмар і температури на рівні нижньої межі;
- г) визначити кінетичне нагрівання в хмарах, температуру поверхні літака і можливість його обледеніння при польоті зі швидкістю 300, 500, 700, 900 км·год⁻¹;
- д) за даними зондування визначити висоту, починаючи з якої можливе обледеніння;
- е) визначити мінімальну швидкість польоту, при якій неможливе обледеніння;
- ж) оцінити інтенсивність обледеніння при польоті через хмарні шари.

Методичні вказівки

1. Для виділення шарів обледеніння синоптичним методом необхідно за даними температурно-вітрового зондування атмосфери, наведеними в лабораторній роботі 4 (табл. 4.5), на бланку аерологічної діаграми побудувати криві стратифікації, точок роси і дефіцитів точки роси. Потім на цій діаграмі виділити хмарні шари і рівні ізотерм 0, -10 і -20 °С. У шарі між ізотермами 0 і -20 °С на висотах, де спостерігається хмарність можливе небезпечне обледеніння.

Всі побудови на аерологічній діаграмі виконувати згідно вказівкам до лабораторної роботи 4.

2. При діагнозі і прогнозі зон обледеніння за методом Годске спочатку за даними зондування слід визначити температуру насичення над льодом $T_{н.л.}$ за формулою (11.1). Потім на тому ж бланку діаграми побудувати криву насичення над льодом за отриманими значеннями $T_{н.л.}$ і порівняти температуру насичення над льодом з фактичною температурою T на тому ж рівні. У тих шарах, де $T_{н.л.} \geq T$, слід указувати обледеніння.

Побудову кривої $T_{н.л.}$ виконувати до рівня 500 гПа, оскільки цей метод рекомендується застосовувати тільки до висот 700...500 гПа.

3. По аерологічній діаграмі визначити висоту нижньої межі хмар $H_{нмх}$, в шарі яких можливе обледеніння за синоптичними ознаками, і температуру $T_{нмх}$ на рівні нижньої межі хмар.

Розрахувати дискримінантну функцію за формулою (11.3) і оцінити можливість помірного і сильного обледеніння.

Визначити можливість помірною і сильного обледеніння по графіку (рис. 11.2).

Результати розрахунків занести в графи 1 - 4 табл. 11.2.

4. За даною швидкістю польоту V і температурою повітря на вказаному ешелоні T визначити ΔT_k^{xm} (табл. 11.1) і температуру поверхні літака T_{Π} (за формулою 11.1). Якщо $T_{\Pi} > 0$, то обледеніння не буде. За тими ж початковими даними визначити T_{Π} , використовуючи графік (рис. 11.1).

Результати розрахунку записати в графи 5 - 10 табл. 11.2.

Провести аналіз впливу швидкості польоту на умови обледеніння.

5. Побудувати на бланку аерологічної діаграми криву - ΔT_k^{xm} (рис. 11.6).

Таблиця 11.2 - Визначення умов обледеніння літаків

$H_{нмх},$ дам	$T_{нмх},$ °C	L	Можли- вість обледе- нннннн	$H_{еш},$ км	T, °C	V, км·год ⁻¹	$\Delta T_k^{xm},$ °C	$T_{\Pi},$ °C	Можли- вість обледе- нннннн
						300			
						500			
						600			
						900			

При вирішенні задачі визначення висоти, починаючи з якої можливе обледеніння при заданій швидкості польоту V , необхідно від крапки (на вертикальній осі), відповідної заданій швидкості польоту, зміститися вліво до побудованої кривої, а потім опуститися (піднятися) по ізотермі до перетину з кривою стратифікації. Точка перетину цих ліній відповідатиме тій висоті, починаючи з якої можливе обледеніння (рис. 11.6).

6. При визначенні мінімальної швидкості польоту, яка виключає обледеніння, слід від висоти заданого ешелону $H_{еш}$ зміститися по ізобарі вліво до перетину з кривою стратифікації, потім по ізотермі опуститися (піднятися) до побудованої кривої і на цьому рівні відлічити (за шкалою тиску) мінімальну швидкість, що виключає обледеніння (рис. 11.6).

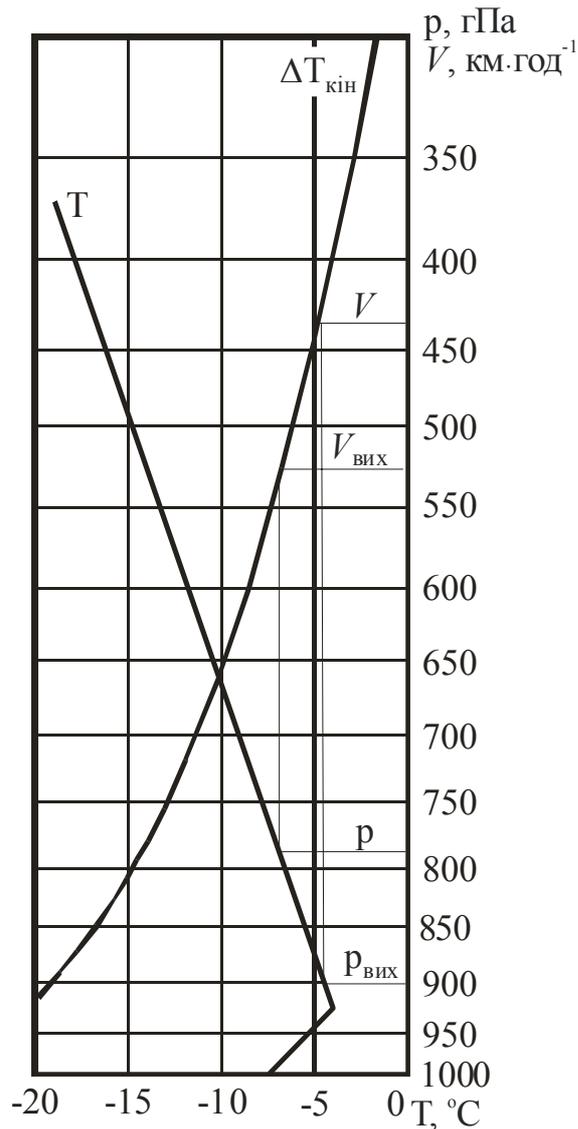


Рис 11.6 – Номограма для визначення по аерологічній діаграмі рівня, вище якого можливе обледеніння при польоті зі швидкістю V , і для визначення мінімальної швидкості польоту, при якій обледеніння неможливе (за методом О.Г. Богаткіна).

7. За даними температурно-вітрового зондування атмосфери визначити для хмарного шару температуру на нижній межі хмар $T_{\text{нмх}}$ ($^{\circ}\text{C}$), товщину шару хмар ΔH_x (сотні м) і вертикальний градієнт температури в шарі хмар γ ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$).

Від точки А номограми рис. 11.5, що відповідає температурі нижньої межі хмари ($T_{\text{нмх}}$), необхідно піднятися вертикально вгору до розрахованого значення вертикального градієнта температури в хмарі γ (точка В), а потім зміститися вправо до перетину з похилою лінією, що вказує товщину хмар $\Delta H_{\text{хм}}$ (точка С). Цифри на графіку біля похилих ліній позначають товщину хмар в сотнях метрів. У тих випадках, коли визначається максимальна можлива інтенсивність

обледеніння, необхідно зміститися від точки В вправо до штрихових похилих ліній, що позначають за верхньою шкалою (цифри в кружках) товщину хмарності (у сотнях метрів). Потім від точки С слід опуститися вниз (в точку D) до перетину з похилою лінією, що відповідає швидкості польоту V , і на вертикальній вісі в точці E відлічити інтенсивність обледеніння I ($\text{мм}\cdot\text{хв}^{-1}$).

8. По картах АТ-850, АТ-700, АТ-500 в заданому пункті визначити температуру повітря T , точку роси T_d і масову частку водяної пари q (%).

Використовуючи формули (11.4) - (11.6), розрахувати значення дискримінантних функцій L_{850} , L_{700} , і L_{500} . Якщо отримано позитивне значення дискримінантної функції, то обледеніння на відповідному рівні не очікується; при негативних значеннях дискримінантних функцій обледеніння можливе. Для ізобаричної поверхні 850 гПа можна скористатися номограмою рис. 11.3.

Для тих рівнів, на яких дискримінантні функції негативні, розрахувати температуру насичення над льодом за формулою (11.2) і перевірити умову $\Delta T_G = T - T_{\text{н.л.}}$, при виконанні якого можливе помірне і сильне обледеніння.

Якщо на якому-небудь рівні $\Delta T_G > 0$, то дискримінантну функцію L^* розрахувати за формулою (11.3), прийнявши за величину висоту (дам) нижньої з ізобаричних поверхонь, на яких можливе обледеніння, а за величину $H_{\text{нмх}}$ - температуру на цій поверхні. При $L^* \geq 0$ на рівні розрахунку і вище можливе обледеніння, при $L^* < 0$ обледеніння не виникає або можливе слабе обледеніння.

Результати розрахунків оформити у вигляді табл. 11.3.

Таблиця 11.3 – Оцінка умов обледеніння на ізобаричних поверхнях 850, 700 і 500 гПа

p , гПа	T , °C	$(T-T_d)$, °C	q , %	L	Можливість обледеніння	$T_{\text{н.л.}}$, °C	G	Можливість обледеніння	H , дам	L^*	Можливість обледеніння
850											
700											
500											

Звітні матеріали

1. Оброблена аерологічна діаграма.
2. Таблиці 11.2 і 11.3 з результатами розрахунків.
3. Записані в робочому зошиті результати оцінки інтенсивності обледеніння.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

ПРОГНОЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ДЛЯ АВІАЦІЇ ЯВИЩ, ЯКІ ОБУМОВЛЕНІ КОНВЕКЦІЄЮ

Мета роботи: використовуючи синоптичний матеріал, навчитися оцінювати можливість виникнення гроз, граду, шквалів, які ускладнюють польоти в районі аеродрому та за трасою.

Розвиток інтенсивної конвекції і формування потужних купчастих і купчасто-дощових хмар призводить до виникнення таких небезпечних для авіації явищ, як грози, град і шквали.

Найбільшу небезпеку несуть грози. Політ в купчасто-дощових хмарах заборонено, тому що в цих хмарах відмічаються сильні висхідні рухи, розряди блискавки, інтенсивна турбулентність, обледеніння літаків.

Грози супроводжуються зливами, шквалами і градом. При сильному зливовому дощі можливе значне погіршення видимості. Виникаючи при зливі низхідні потоки повітря більш холодного, ніж сама хмара, можуть привести до втрати висоти. Це дуже небезпечно при зльоті, посадці, польотах на малих висотах. Град, діаметром більше 1 см, може пошкодити обшивку літака, скло кабіни, порушити роботу двигунів, радіозв'язок.

Шквали характеризуються короткотерміновим різким посиленням вітру, що дуже небезпечно не тільки для літаків, які переміщуються в повітрі, але і для тих, які знаходяться на льотному полі.

Найбільш сприятливі умови для розвитку грозових і градових хмар, що супроводжуються шквалами, відмічаються над сушею влітку в денні години:

- в зонах холодних фронтів, які швидко переміщуються;
- на малорухомих фронтах із хвильовими збуреннями;
- в зоні фронту оклюзії зі швидкістю переміщення більше $30 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$;
- в неглибокій баричній улоговині;
- в теплому секторі циклону або на периферії антициклону;
- в передній або центральній частині улоговини холоду в тропосфері.

При наявності сприятливих синоптичних умов для прогнозу гроз використовуються кількісні методи. При прогностичному значенні градієнта температури $\Delta T < 5 \text{ }^\circ\text{C}$ на 600 км біля поверхні землі рекомендується використовувати метод Н.В. Лебедевої, при $\Delta T > 5^\circ\text{C}$ на 600 км (барокліність вважається істотною) - метод Г. Д. Решетова.

Прогноз конвективних явищ складається на основі прогностичних даних про тиск біля поверхні землі, висоти стандартних ізобаричних поверхонь (до 100 гПа), температуру повітря та точку роси біля поверхні землі і на указаних висотах.

Метод Н.В. Лебедєвої включає побудову прогностичних кривих стратифікації і стану (з урахуванням виду конвекції - термічна, вільна, вимушена), визначення висоти рівня конвекції $H_{\text{конв}}$, температури повітря на цьому рівні $T_{\text{конв}}$ і товщини нестійко стратифікованого шару повітря ΔH . Якщо $H_{\text{конв}} \geq 8000$ м, $\Delta H \geq 7500$ м і $T_{\text{конв}} \leq -22,5$ °С, то прогнозуються грози з градом; якщо $H_{\text{конв}} \geq 8000$ м, $7500 > \Delta H \geq 6500$ м і $T_{\text{конв}} \leq -22,5$ °С, то в прогнозі вказуються тільки грози; при $8000 > H_{\text{конв}} > 5000$ м, $6500 > \Delta H \geq 3500$ м і $T_{\text{конв}} \leq -10$ °С прогнозуються зливи, при $\Delta H < 3500$ м – конвективна хмарність.

Критичні значення параметрів конвекції наведені в табл. 12.1. Якщо сумарний дефіцит точки роси на ізобаричних поверхнях 850, 700 і 500 гПа

$\sum_{850}^{500} (T - T_d)$ перевищує 25 °С, то зволоження недостатнє, і подальші

розрахунки не виконуються. Якщо $\sum_{850}^{500} (T - T_d) \leq 25$ °С, то розраховується

дефіцит точки роси біля поверхні землі при максимальних значеннях T_{max} і T_d : $(T_{\text{max}} - T_d)_z$; якщо $(T_{\text{max}} - T_d)_z > 20$ °С, то рівень конвекції лежить вище 2 км; в цьому випадку подальші розрахунки не виконуються; при $(T_{\text{max}} - T_d)_z < 16$ °С відмічаються сприятливі умови для розвитку конвекції і тоді розраховуються інші параметри: товщина конвективно-нестійкого шару $\Delta H_{\text{кнш}}$; середній рівень конденсації $\bar{H}_{\text{конд}}$ при термічній і вільній конвекції або нижній рівень конденсації $H_{\text{конд}}$ при вимушеній конвекції; середній рівень конвекції $\bar{H}_{\text{конв}}$ (при вимушеній конвекції – рівень конвекції $H_{\text{конв}}$ від нижнього рівня конденсації, а також верхня межа шаруватоподібних хмар $H_{\text{ш.х}}$); температура на середньому рівні конвекції (при вимушеній конвекції – на рівні конвекції) $T_{\text{конв}}$; середня величина відхилення $\Delta \bar{T}$ кривої стану T' від кривої стратифікації T : $\Delta \bar{T} = \frac{1}{n} \sum_1^n (T' - T)$, де n – число цілих шарів товщиною 100 гПа, починаючи з

рівня конденсації; середня потужність конвективних хмар $\Delta \bar{H}_{\text{кк}}$ – різниця між $\bar{H}_{\text{конв}}$ і $\bar{H}_{\text{конд}}$ (при вимушеній конвекції визначається потужність конвективних $\Delta \bar{H}_{\text{кк}}$ і шарувато подібних хмар $\Delta \bar{H}_{\text{шх}}$).

Метод прогнозу гроз і граду, що запропонований Г.Д. Решетовим, базується на припущенні, що ефект утягнення при розвитку потужних купчасто-дошових хмар несуттєвий, і частка при підйомі від рівня конденсації буде досягати висоти, на якій додатна енергія нестійкості буде урівноважена від'ємною енергією нестійкості; тобто частка буде підійматися вище рівня конвекції, що визначений як перетин кривих стану і стратифікації. Рівень, нижче якого додатна і від'ємна енергії нестійкості дорівнюють одна одній, приймається за верхню межу хмари $H_{\text{в}}$. Далі визначається висота рівня нульової ізотерми в хмарі, товщина шару

від'ємних температур в хмарі $\Delta h_0^B = H_B - h_0$ і температура на верхній межі хмари T_B . Розраховуються дискримінанти функції

$$L_1 = 0,12\Delta h_0^B - 0,22T_B - 0,562, \quad (12.1)$$

$$L_2 = 0,36H_B - 0,0753T_B + 0,53\Delta h_0^B - 3,36. \quad (12.2)$$

При $L_1 < 0$ інтенсивна конвекція не прогнозується, при $L_1 \geq 0$ і $L_2 < 0$ в прогнозі вказується гроза, при $L_1 \geq 0$ і $L_2 \geq 0$ прогнозується гроза з градом.

Для прогнозу розподілу в хмарі граду різних розмірів Г. Д. Решетов запропонував визначати максимальну швидкість висхідного потоку в хмарі w_k , $m \cdot s^{-1}$ по значенню суми відхилень $\sum \Delta T$ кривої стану від кривої стратифікації на рівнях 850, 700, 600, 500 і 400 гПа за формулою $w_{max} = 0,9 \sum \Delta T$ або за номограмою на рис. 12.1 (права частина) і по w_{max} оцінити висоту верхньої межі граду різних розмірів (H_B).

Для цього слід з'єднати точку М на вертикальній вісі, що відповідає значенню w_{max} , з точкою К на горизонтальній вісі зліва. Точка К відповідає перевищенню Δh висоти вершини хмари H_B над рівнем максимальної швидкості конвективного потоку в хмарі $H_{w_{max}}$:

$$\Delta h = H_B - H_{w_{max}}. \quad (12.3)$$

Висота $H_{w_{max}}$ може бути наближено прирівняна до висоти, на якій відмічається максимум відхилення кривої стану від кривої стратифікації.

При польоті з підвітряного боку хмари можлива зустріч літака з градом різного розміру, який виноситься з хмари під впливом горизонтального потоку повітря. Цей потік в верхній тропосфері має більшу швидкість, ніж швидкість руху хмари. Градини невеликого розміру при падінні з великих висот в ненасиченому малохмарному повітрі не досягають поверхні землі, але зустріч з градом поза хмарою на ешелоні польоту може бути небезпечною для літака.

Номограма (рис. 12.2) дозволяє визначити відстань від хмари S, на яку можуть бути винесені градини діаметром D, в залежності від перевищення верхньої межі граду ΔH над рівнем 700 гПа і від вертикального зсуву вітру Δu в шарі від верхньої межі граду до рівня 700 гПа. Використання цієї номограми дозволяє оцінити можливість зустрічі літака з градом поза хмарою.

Таблиця 12.1 - Граничні значення параметрів конвекції (метод частки), при яких найбільш імовірний розвиток конвективних явищ

$\sum_{850}^{500} (T-T_d),$ °C	$(T_{\max}-T_d)_z,$ °C	$\Delta H_{\text{кнш}},$ гПа	$\bar{H}_{\text{конд}}$ або $H_{\text{нмкх}},$ км	\bar{H} * $H_{\text{конв}}$ або H** $H_{\text{конв}},$ км	$T_{\text{конв}},$ °C	$\Delta \bar{T} =$ $\frac{1}{n} \sum_1^n (T' - T),$ °C	$\Delta \bar{H}_{\text{кх}}$ або $\Delta \bar{H}_{\text{шх}},$ км	Конвективні явища
>25	>20	-	-	-	-	-	-	Розвиток конвекції не очікується
≤25	≤16	>10	~1,5	≥6	<-22,5	>4	~4,5	Слабкий зливовий дощ, можлива гроза або суха гроза
≤20	≤14 (≤10)	>20	~1,5	>5	від -22,5 до -10	≥3 (>1)	>3,5	Зливовий дощ без грози
≤20	≤14	>30	~1,5	≥8	<-22,5	≥3	>6,5	Злива, місцями грози
≤16	~10	>60...100	1,5>H>1,0	>8	<-22,5	≥3	≥7,5	Сильна злива та гроза
~16	~10	-	1,5>H>1,0	>8	<-22,5	3, $\Delta T_{\max}>4$	≥7,5	Зливи, грозові та градові явища

* Розраховується тільки при вільній конвекції

** Розраховується тільки при вимушеній конвекції

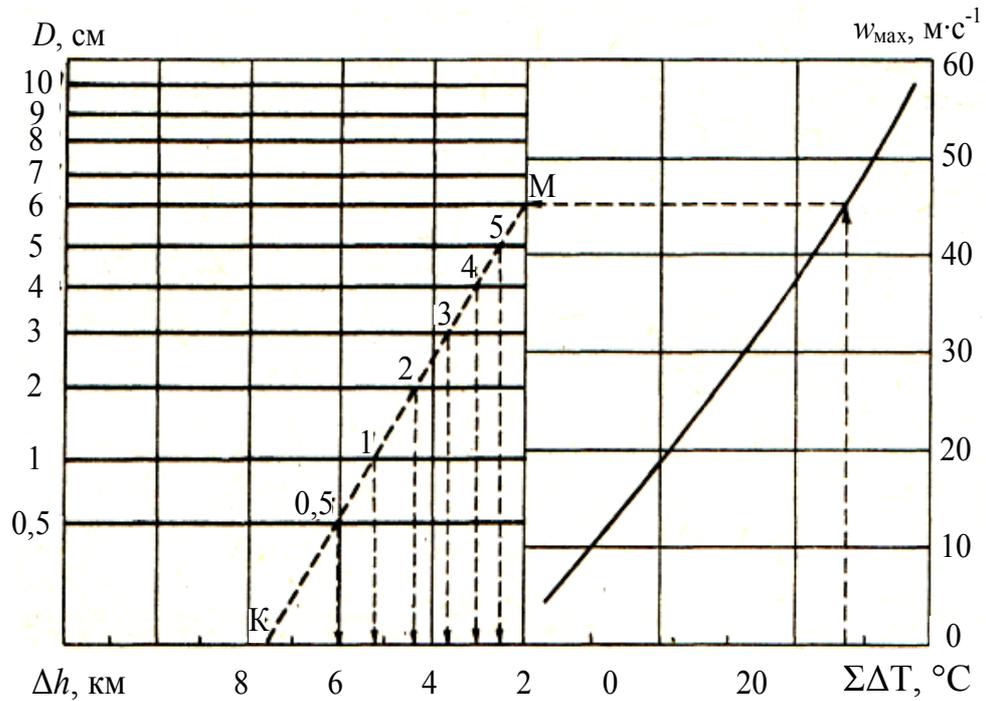


Рис. 12.1 - Графік для прогнозу максимальної швидкості висхідного потоку w_{\max} в грозовій (градовій) хмарі, висоти верхньої межі H_B граду і діаметру градин D на ешелоні польоту (метод Г.Д. Решетова).

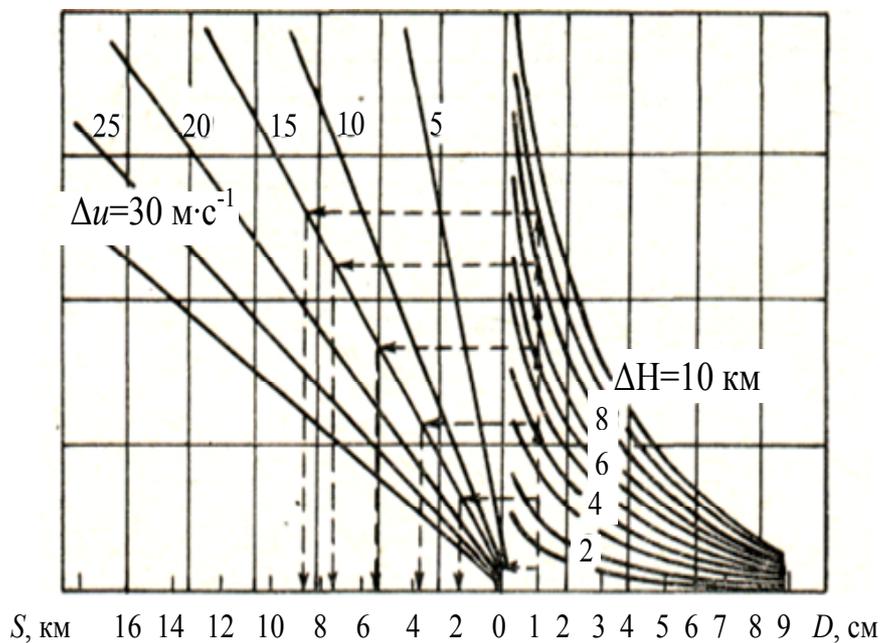


Рис. 12.2 - Номограма для прогнозу відстані граду різного діаметру від грозової (градової) хмари по значенню діаметру D , перевищенню ΔH верхньої межі граду над рівнем 700 гПа і по модулю різниці швидкості вітру Δu в шарі 700 гПа - верхня межа граду (метод Г.Д. Решетова).

Для прогнозу можливості шквалу і максимальної швидкості вітру при шквалі оцінюються такі параметри:

- температура повітря біля поверхні землі безпосередньо перед грозовим дощем і шквалом - $T_{\max 3}$;
- температура повітря на рівні 500 гПа за той же строк - T_{500} ;
- різниця температур у шарі земля - рівень 500 гПа: $T_3^{500} = T_{\max 3} - T_{500}$;
- сума відхилень кривої стану від кривої стратифікації на рівнях 850, 700, 600, 500 гПа - $\sum_{850}^{500} \Delta T$;

- нульова температура змоченого термометру, яку вологоадіабатично приведено до тиску біля поверхні землі - $T_3^{0.3.T.}$;

- різниця температур: $\Delta T_3^{0.3.T.} = T_{\max 3} - T_3^{0.3.T.}$;

- очікувана середня швидкість вітру: $\bar{u} = \frac{u_3 + u_{850} + u_{700} + u_{500}}{4}$.

Для прогнозу шквалу за сприятливих синоптичних умов використовується графік (рис. 12.3) або дискримінантна функція

$$L_3 = 0,116 \sum_{850}^{500} \Delta T + 0,029 \Delta T_3^{500} - 1,597. \quad (12.4)$$

При значеннях $L_3 \geq 0$ в прогнозі слід указувати шквал, при $L_3 < 0$ – його відсутність.

Максимально можливу швидкість вітру при шквалі можна оцінити за графіком на рис. 12.4.

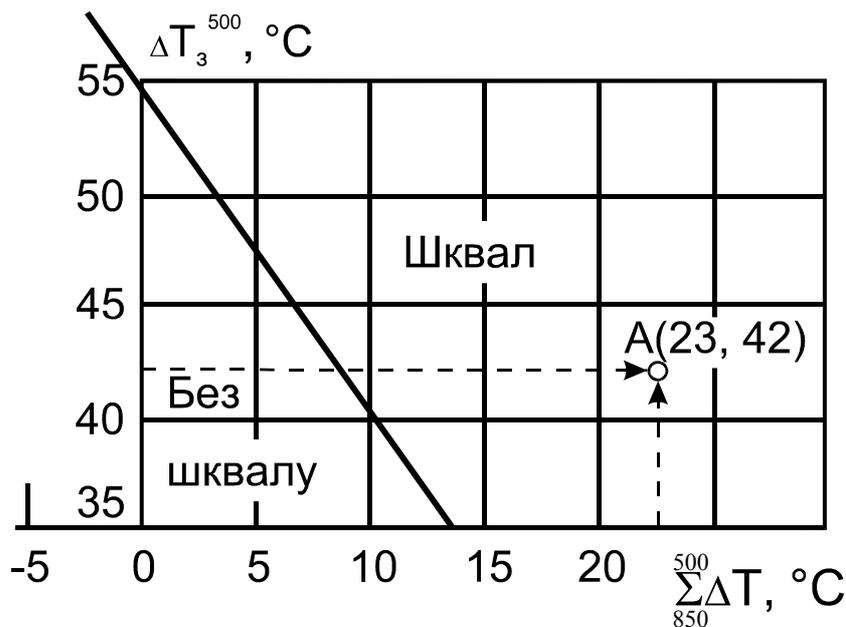


Рис. 12.3 – Графік для прогнозу імовірності утворення шквалу (метод Г.Д. Решетова).

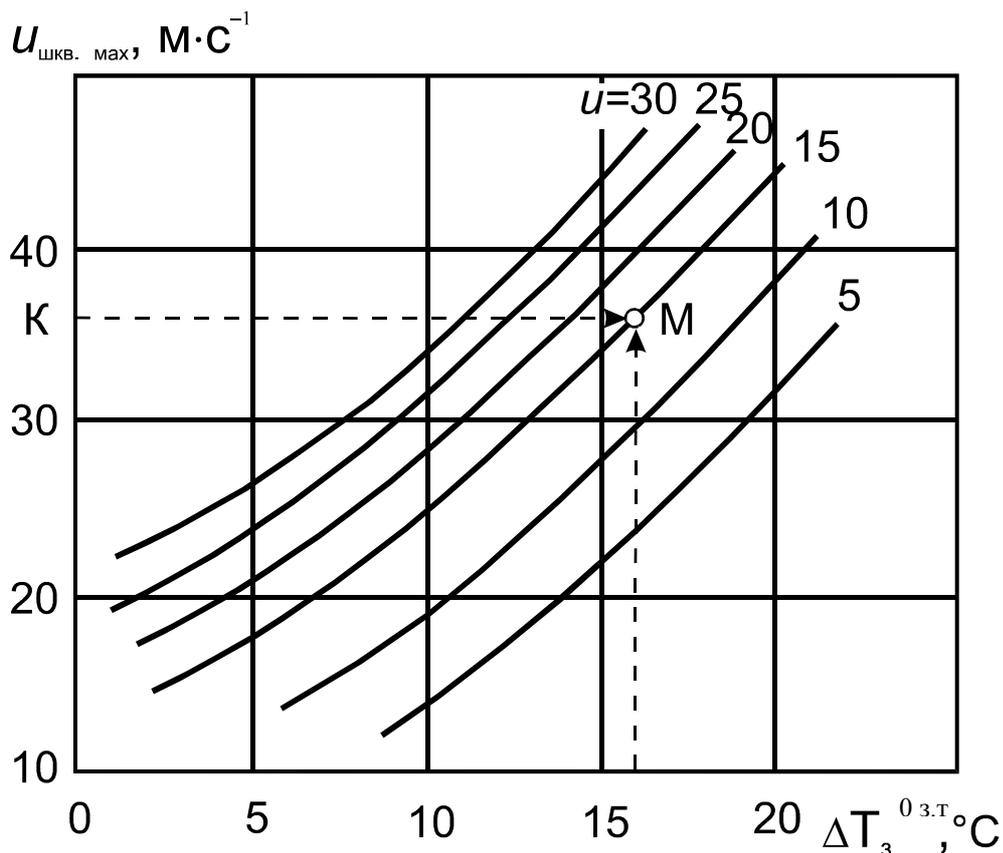


Рис. 12.4 – Графік для прогнозу максимальної швидкості вітру при шквалі (метод Г.Д. Решетова).

В оперативній практиці для прогнозу грозової діяльності використовуються методи, які запропоновані Уайтінгом і Фаустом.

Відповідно до методу Уайтінга, для ряду пунктів розраховується коефіцієнт

$$K = 2T_{850} - T_{500} - D_{850} - D_{700}, \quad (12.5)$$

де T_{850} і T_{500} - значення температури повітря на рівнях 850 і 500 гПа;

D_{850} і D_{700} - значення дефіциту точки роси на рівнях 850 і 700 гПа.

При $K < 20$ грози очікувати не слід, при $20 \leq K < 25$ очікуються окремі грози, при $25 \leq K < 30$ слід прогнозувати численні грози, при $K \geq 30$ - прогноуються грози повсюдно.

Коефіцієнти K , що розраховані за формулою 12.5, наносяться на бланк карти і проводяться ізолінії значень K , кратних 5, починаючи з $K = 20$. Отримана область значень $K \geq 20$ буде зоною можливої грозової діяльності.

Відповідно до методу Фауста, визначається критерій нестійкості

$$\Delta T_H = T_v - T_{500} + \Delta T_R, \quad (12.6)$$

де T_v - температура нульового випаровування. Визначається за графіком (рис. 12.5) з урахуванням температури повітря на рівні 850 гПа і середнього значення дефіцитів точки роси на рівнях 850, 700, 500 гПа

$$\bar{D}_{850}^{500} = \frac{1}{3}(D_{850} + D_{700} + D_{500}). \quad (12.7)$$

Якщо $\bar{D}_{850}^{500} \geq 14 \text{ }^\circ\text{C}$, то грози не очікуються;

ΔT_R - поправка на кривину ізобар, визначається за даними табл. 12.2.

Таблиця 12.2 - Поправка на кривину ізобар ΔT_R

Тип кривизни	Радіус кривини R, км			
	< 250	250...500	500...1000	>1000
Циклонічна	2,0	1,4	1,0	0,0
Антициклонічна	-2,0	-1,4	-1,0	0,0

Значення ΔT_H наносяться на карту та проводяться ізолінії $\Delta T_0 = 0$. При $\Delta T_H > 0$ слід очікувати грози.

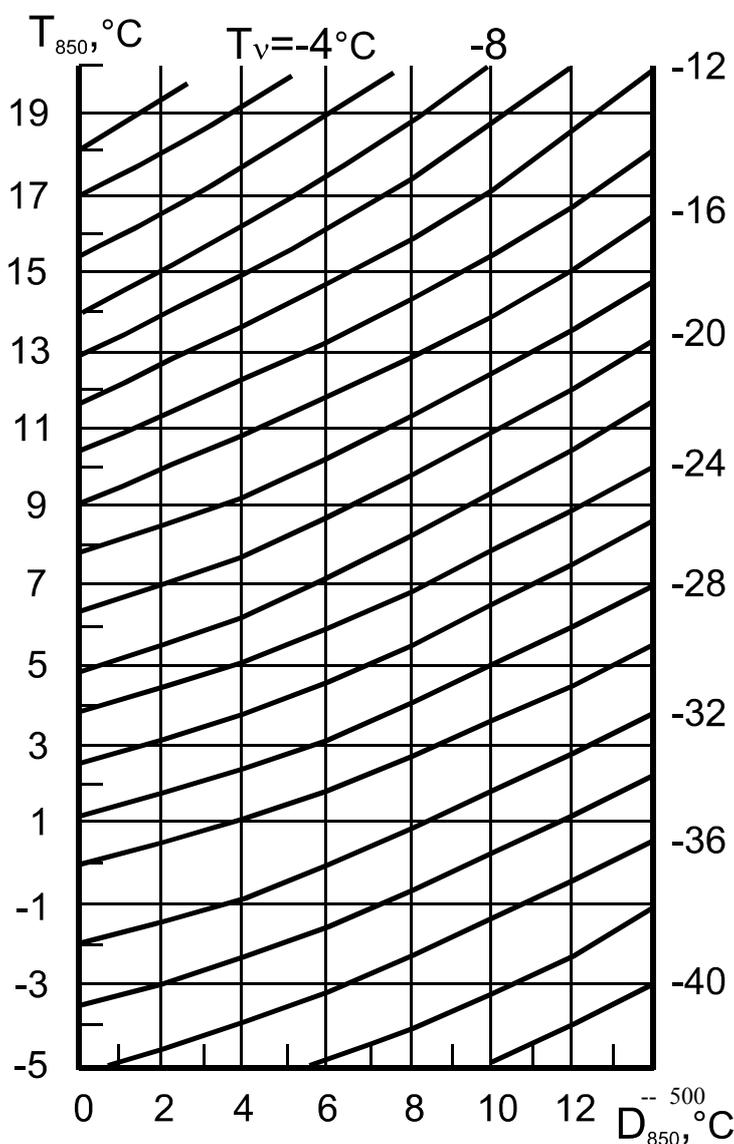


Рис. 12.5 – Номограма для визначення температури нульового випаровування T_v (метод Фауста).

Контрольні запитання

1. Які небезпечні явища погоди пов'язані з конвективними хмарами?
2. Які причини призводять до виникнення грози?
3. Які синоптичні умови сприятливі для виникнення гроз, граду, шквалу?
4. Які основні параметри в методах прогнозу конвективних явищ?
5. В чому суть методів прогнозу гроз, запропонованих Н.В. Лебедевою та Г.Д. Решетовим?
6. Які критерії нестійкості використовуються в методах Уайтінга та Фауста?

Вихідні матеріали

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери.
2. Бланк аерологічної діаграми.
3. Карти Навчального авіаційного метеорологічного атласу.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Тараканов Г.Г. Учебный авиационный метеорологический атлас. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 255 с.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 302 с.
4. Практикум з синоптичної метеорології //Під ред. Івус Г.П., Іванової С.М. – Одеса: ТЭС, 2004. – 419 с.
5. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 184 с.

Завдання

1. Визначити можливість грози, граду, шквалу за синоптичними ознаками в районі аеродрому вильоту і аеродрому посадки.
2. Побудувати модель конвекції. Визначити можливість грози, граду, методом Н.В.Лебедевої в районі аеродрому вильоту і аеродрому посадки.
3. Скласти прогноз грози і граду за методом Г.Д. Решетова в районі аеродрому вильоту і аеродрому посадки. Заповнити табл. 12.3.

Таблица 12.3 - Визначення можливості грози і граду

Аеродром	H _в , км	T _в , °С	h ₀ , км	Δh ₀ ^B , км	L ₁	L ₂	Прогнозується (так, ні)	
							Гроза	Град
Вильоту Посадки								

4. Визначити розподіл граду в купчасто-дощовій хмарі та на її підвітряному боці. Оцінити можливість зустрічі літака з градом поза хмарою на ешелоні і безпечну відстань між хмарою і літаком. Для характеристики розподілу граду в купчасто-дощовій хмарі визначити:

- суму відхилень температур кривої стану від кривої стратифікації на ізобаричних поверхнях 850, 700, 600 і 500 гПа ($\sum \Delta T$);

- рівень максимальної швидкості конвективного потоку $N_{w \max}$ (рівень, де відмічається максимальне відхилення ΔT);

- різницю висот $\Delta h = N_B - N_{w \max}$.

Розрахунки занести до табл. 12.4.

Таблиця 12.4 - Розподіл граду різного діаметра в хмарі і поза нею на підвітряному боці

$$\sum \Delta T = \text{___}^\circ\text{C}, \quad N_{w \max} = \text{___} \text{км}, \quad \Delta h = \text{___} \text{км}, \quad w_{\max} = \text{___} \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$$

Параметр	Діаметр градин D_i , см							
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	...	10,0
Δh_i , км								
$H_{B i}$, км								
ΔH_i , км								
Δu_i , м с ⁻¹								
S_i , км								

Користуючись аерологічною діаграмою, розрахувати перевищення ΔH_i висоти верхньої межі граду i -го розміру над рівнем 700 гПа за формулою

$$\Delta H_i = H_{B i} - H_{700}$$

За даними про вітер на основних ізобаричних поверхнях визначити модуль різниці швидкості вітру на рівні 700 гПа і на висоті верхньої межі граду розміру D_i : ΔH_i .

За допомогою номограми (рис. 12.2) оцінити відстань від хмари S_i , на якій може зустрітися град i -го діаметра. Результати записати до табл. 12.4.

5. Визначити можливість шквалу і максимальну швидкість вітру при ньому. Результати розрахунків представити у вигляді табл. 12.5.

Таблиця 12.5 – Визначення можливості шквалу і максимальної швидкості вітру

$T_{\max.з.},$ °C	$T_{500},$ °C	$T_3^{500},$ °C	$\sum_{850}^{500} \Delta T, \text{ } ^\circ\text{C}$	Шквал (так, ні)	$T_3^{0 \text{ з.т.}},$ °C	$\Delta T_3^{0 \text{ з.т.}},$ °C	$\bar{u}, \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$	$u_{\text{шкв.макс.}},$ $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$

6. Визначити зони грозової діяльності методами Фауста і Уайтінга. Скласти рекомендації щодо можливості уникнення грозових хмар на трасі польоту.

Для визначення зон грозової діяльності за методом Уайтінга значення K розрахувати за формулою 12.5 для пунктів, вказаних викладачем. Результати розрахунків занести до табл. 12.6.

Отримані значення K нанести на бланк синоптичної карти і провести ізолінії K , кратні 5, починаючи зі значення $K = 20$. Отримана таким чином область підвищених значень K буде зоною можливої грозової діяльності.

Таблиця 12.6 – Розрахунок параметрів K і ΔT_H

№ п/п	Пункт	$T_{850},$ °C	$D_{850},$ °C	$D_{700},$ °C	$T_{500},$ °C	$K,$ °C	$D_{500},$ °C	$\bar{D}_{850}^{500},$ °C	$T_v,$ °C	$\Delta T_R,$ °C	$\Delta T_H,$ °C

Для визначення зони грозової діяльності за методом Фауста розрахунки провести для тих же пунктів, що і при прогнозі гроз за методом Уайтінга.

Розрахувати середнє значення дефіциту \bar{D}_{850}^{500} за формулою 12.7. Якщо виявиться, що $\bar{D}_{850}^{500} > 14 \text{ } ^\circ\text{C}$, то подальші розрахунки для даного пункту не проводяться.

Якщо $\bar{D}_{850}^{500} \leq 14 \text{ } ^\circ\text{C}$, то необхідно визначити температуру на поверхні 850 гПа T_{850} і за графіком рис. 12.5 оцінити температуру нульового випаровування T_v , а по табл. 12.2 – значення поправки на кривизну ізобар ΔT_R .

Розраховані за формулою 12.6 значення ΔT_H записати в табл. 12.6, нанести їх на карту (справа від значення K) і провести ізолінію $\Delta T_H = 0$. Грози слід очікувати в області, де $\Delta T_H > 0$.

Порівняти положення областей можливої грозової діяльності за методами Уайтінга та Фауста.

Звітні матеріали

1. Бланки аерологічної діаграми, на яких побудовані у відповідності з методами Н.В. Лебедевої і Г.Д. Решетова криві стратифікації та криві стану, відмічені рівні конденсації, нульової ізотерми, максимальної швидкості висхідного потоку і очікуваної максимальної висоти хмари.
2. Заповнена таблиця розрахунків параметрів, аналогічна 12.1.
3. Заповнена табл. 12.3.
4. Номограма рис. 12.1 з побудуваннями і заповнена табл. 12.4.
5. Заповнена табл. 12.5
6. Бланк карти з нанесеними значеннями K і ΔT_n та проведеними ізолініями, заповнена табл. 12.6.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

ВПЛИВ НИЗЬКОЇ ХМАРНОСТІ НА ПОЛІТ ЛІТАКІВ

Мета роботи: вивчити методи прогнозу розвитку, еволюції та висоти нижньої межі хмар, які використовуються при метеорологічному обслуговуванні авіації.

Умови польоту визначаються просторовою структурою хмарності (висотою верхньої та нижньої межі, вертикальною потужністю, горизонтальною протяжністю, розшаруванням, товщиною хмарних шарів і безхмарних прошарків), її мікрофізичними характеристиками, температурним режимом, водністю і турбулентним станом. Хмарність суттєво відбивається на управлінні літаком, ускладнює пілотування, візуальне спостереження і орієнтацію, впливає на профіль польоту і вибір маршруту, ускладнює виконання маневрів по висоті.

Основні ускладнення для пілотів при посадці і зльоті пов'язані з хмарністю і умовами видимості, яка залежить від висоти хмар, вологості і швидкості вітру. Погіршення видимості біля земної поверхні частіше за все відбувається при наявності низьких хмар. Під низькими хмарами розуміють хмари, висота нижньої межі яких менше 600 м. В 80 % випадків при висоті хмар близько 100 м горизонтальна видимість біля землі вдень становить менше 4 км.

Охолодження вологого повітря є однією з основних причин виникнення низької хмарності. Його можуть спричиняти: адиабатичне поширення повітря при підйомі і радіаційне охолодження. Низька хмарність може спостерігатися на атмосферних фронтах усіх типів, а також усередині однорідних повітряних мас в антициклонах, що сформувалися в морському повітрі помірних широт, або в теплих секторах циклонів і баричних сідловинах.

Висота нижньої межі низької хмарності досить мінлива за часом і в просторі. Ця характеристика надзвичайно важлива для оцінки метеорологічних умов польоту, посадки літаків і польоту на малих висотах. Найбільша мінливість висоти нижньої межі характерна для шаруватих розірваних хмар (St fr). Найбільш стійкими по висоті є шарувато-купчасті хмари (Sc). Просторова мінливість висоти нижньої межі фронтальних хмар більш значна, ніж внутрішньомасових, і залежить від типу атмосферного фронту і сезону року.

Шаруваті хмари (St), частіше за все, виникають в підінверсійному шарі, коли повітря в ньому досягає стану насичення. Нижня межа хмар, як правило, знаходиться на висоті 100...300 м, але може опускатися до 50 м, в окремих випадках і до земної поверхні. Коливання висоти нижньої межі значно ускладнює політ на малих висотах. Горизонтальна протяжність

хмар може досягати сотень і навіть тисяч кілометрів. Вертикальна протяжність шаруватих хмар зазвичай не перевищує 600 м.

Шарувато-купчасті хмари (Sc) можуть бути щільними і з просвітами. Висота нижньої межі щільних хмар частіше за все 300...600 м, товщина - 600...1000 м і більше. Висота нижньої межі хмар з просвітами складає 500...1000 м, товщина - 100...300 м. В зонах атмосферних фронтів існують і розшаровані хмари.

Шарувато-дошові хмари (Ns) типові для фронтальних розділів. Висота їх нижньої межі і вертикальна потужність залежать від відстані до приземної лінії фронту, поблизу якої мінімальна висота хмар (разом з розірваними) складає 100...200 м, а іноді і менше. Товщина хмар змінюється від декількох сотень метрів до декількох кілометрів. В усі сезони року при польоті в шарувато-дошових хмарах на літаках можливе виникнення значних зарядів статичної електрики.

В верхніх шарах тропосфери і в нижній стратосфері в помірних широтах метеорологічні умови польоту з точки зору розподілу хмарності більш сприятливі, ніж в нижніх шарах тропосфери, оскільки на висотах 10...11 км хмари зустрічаються лише в 25 % випадків.

Якщо політ літака відбувається в хмарах вертикального розвитку (Cb, Cu), в яких спостерігаються інтенсивні низхідні і висхідні потоки повітря та інші небезпечні для авіації явища погоди, необхідно суттєво змінити профіль польоту.

Висота нижньої межі купчастих хмар (Cu hum) складає 600...1000 м, а їх вертикальна протяжність - декілька сотень метрів. Політ в хмарах ускладнюється погіршенням видимості (до 34...45 м) і турбулентністю, що викликає бовтанку літака, порушує комфортність польоту.

Висота нижньої межі потужних купчастих хмар (Cu cong) знаходиться в межах 600...1200 м, а вертикальна потужність досягає 3...4 км і більше; горизонтальна протяжність складає декілька кілометрів. При від'ємній температурі в хмарах виникає обледеніння. Великі ускладнення для польотів створює інтенсивна турбулентність і погана видимість в хмарах.

Купчасто-дошові хмари (Cb) характеризуються найбільш небезпечними умовами для польотів. Висота верхньої і нижньої межі купчасто-дошових хмар над Східною Європою має чітко виявлений річний хід, причому максимум висоти нижньої межі відмічається влітку (1,3 км), мінімум - взимку (0,8 км). Вершини найбільш розвинутих хмар можуть досягати тропопаузи, а в окремих випадках навіть проникати в стратосферу. Горизонтальна протяжність купчасто-дошових хмар може коливатися від декількох кілометрів до десятків кілометрів. В цих хмарах спостерігаються зони значної неоднорідності електричних зарядів, сильна турбулентність, обледеніння і грози. Польоти в купчасто-

дощових хмарах забороняються. Візуально обходити хмари необхідно на відстані не менше 10 км, по радіолокаційним спостереженням – на відстані 15 км.

Прогноз кількості внутрішньомасових конвективних хмар

Для прогнозу кількості внутрішньомасових конвективних хмар необхідно за даними радіозондування атмосфери визначити коефіцієнт стратифікації, а потім, використовуючи залежність кількості хмар від коефіцієнта стратифікації (рис. 13.1), знайти кількість хмар. На рис. 13.1 по вертикалі відкладена кількість хмарності, яка очікується; по горизонталі коефіцієнт стратифікації $k_{стр}$.

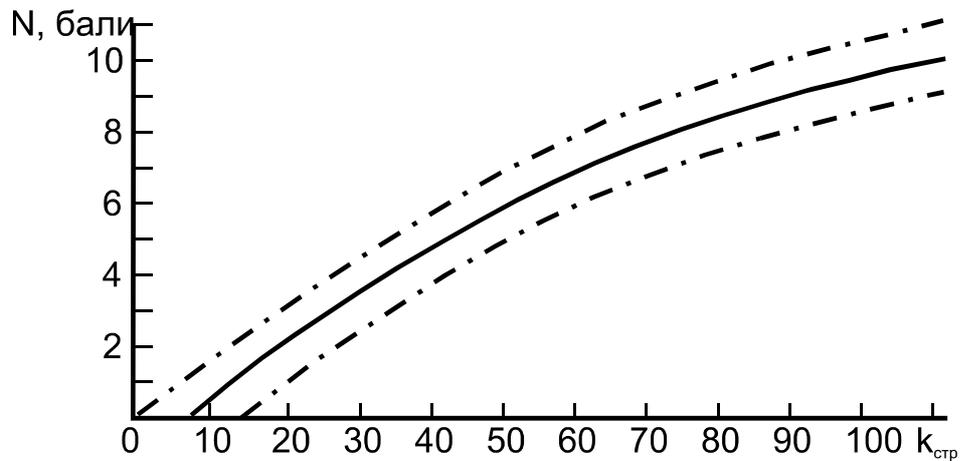


Рис. 13.1 – До визначення кількості конвективної хмарності:
 — найбільш імовірна кількість хмарності,
 - · - граничні значення.

Коефіцієнт стратифікації може бути визначений за емпіричною формулою:

$$k_{стр} = \frac{0,3 \Delta T \bar{f}}{\overline{(T - Td)} + (\gamma_a - \bar{\gamma})}, \quad (13.1)$$

де $\Delta T = (T_{max} - T)$ - різниця між максимальною температурою та температурою в момент ранкового зондування (00 СГЧ) біля поверхні землі;

\bar{f} - середня відносна вологість в шарі від верхньої межі приземної інверсії (практично від 300...500 м) до висоти 3 км;

$\overline{(T - Td)}$ - середній дефіцит точки роси в шарі від землі до 200...500 м. Середній дефіцит беруть в шарі від землі до 500 м, якщо різниця $(T - Td)$ біля землі менше або дорівнює 1 °С або більше чи дорівнює 4 °С; в інших випадках – дефіцит беруть в шарі земля – 200 м;

γ_a - значення сухоадіабатичного градієнта ($\gamma_a \approx 1 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ м}$);

$\bar{\gamma}$ - середнє значення вертикального градієнта температури в шарі від верхньої межі інверсії до висоти 3 км.

Максимальну температуру повітря на день прогнозують загальноприйнятими методами.

З наведеної формули витікає, якщо відомий добовий хід температури, то можна оцінити кількість конвективних хмар в будь-який час доби. В цьому випадку замість T беруть очікувану температуру в потрібний для прогнозу строк.

Прогноз висоти нижньої межі хмар нижнього ярусу (неконвективних)

При відсутності добре вираженої адвекції тепла і в умовах розвинутого турбулентного обміну висота нижньої межі хмар може бути розрахована за однією з формул:

$$H = 122 \cdot (T - T_d),$$

$$H = 5400 \cdot (2 - \lg f),$$

$$H = 22 \cdot (107 - f),$$

де H - висота хмар; T - температура повітря біля поверхні землі; T_d - точка роси; f - відносна вологість.

За даними зондування атмосфери для визначення висоти нижньої межі хмар можна використовувати емпіричне рівняння:

$$H = \left(15,3 \frac{\gamma - f_0}{\bar{\gamma}} + 28 \right) \pm 44,$$

де f_0 - відносна вологість біля поверхні землі (в сотих долях одиниці);

$\bar{\gamma}$ - середній вертикальний градієнт температури повітря під шаром інверсії, $^\circ\text{C}/1 \text{ м}$.

Для прогнозу висоти нижньої межі хмар завчасністю до 12 год К.Г. Абрамович отримані критичні значення адвективних змін температури повітря δT_a :

- якщо $|\delta T_a| > 6 \text{ }^\circ\text{C}$, то при адвекції тепла і висхідних рухах повітря слід очікувати зародження низької хмарності або її різке зниження, а при адвекції холоду і низхідних рухах - розмивання хмарності;

- якщо $|\delta T_a| \geq 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то при адвекції тепла буде відбуватися зниження вже існуючої хмарності, а при адвекції холоду - підвищення;

- якщо $|\delta T_a| < 4 \text{ }^\circ\text{C}$, то слід очікувати збереження висоти хмар, але також слід ураховувати адвективні зміни дефіциту точки роси. Якщо

$\delta(T-Td)_a > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, то прогнозують підвищення хмарності, а при $\delta(T-Td)_a < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ – її зниження.

Найбільш успішно прогноз виникнення або розмивання низьких хмар може бути складений, коли в початковій точці траєкторії дефіцит точки роси при адвекції тепла (перед появою хмар) не більше $2 \text{ } ^\circ\text{C}$, а при адвекції холоду (перед розмиванням хмар) - $\geq 1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Прогноз висоти нижньої межі хмар завчасністю 8...10 год за методом Гоголевої О. І.

В синоптичних умовах, що повільно змінюються, коли прогноз низьких хмар пов'язаний з добре вираженим переносом повітряних мас, для оцінки висоти хмар використовується графік О.І. Гоголевої (рис. 13.2). Цей графік відображає залежність висоти хмар від різниці температури повітря в пункті прогнозу T і точки роси повітря, що надходить Td_a .

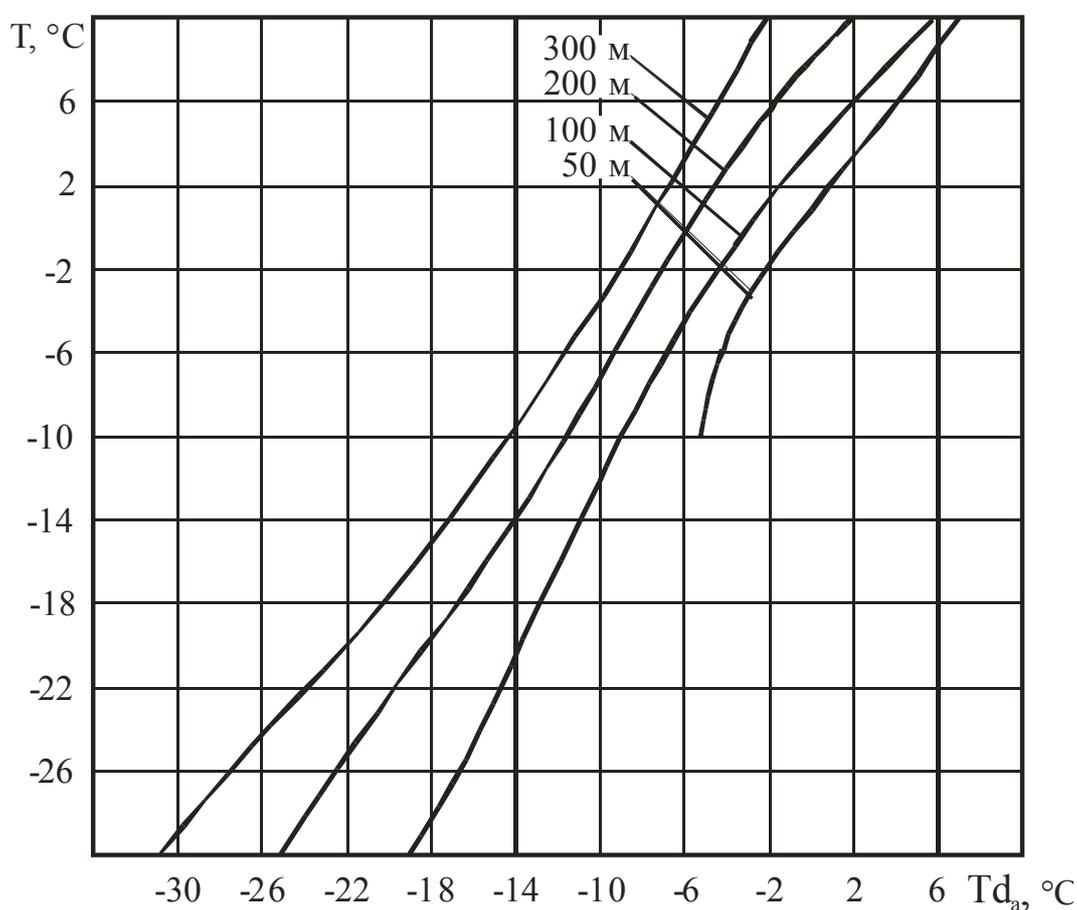


Рис. 13.2 – Графік для прогнозу нижньої межі хмар (за методом О.І. Гоголевої).

В тих випадках, коли повітряна маса, яка надходить, має більш високу точку роси, ніж температура підстильної поверхні, буде відбуватися збільшення відносної вологості і зниження або виникнення низької хмарності. Навпаки, якщо точка роси нижча, ніж температура

повітря в даному районі, слід очікувати зменшення відносної вологості і підвищення висоти нижньої межі хмар або їх розмивання. На рис. 13.2 на вертикальній вісі відкладені значення температури в пункті прогнозу, а на горизонтальній вісі – значення точки роси на початку траєкторії, тобто T_{d_a} повітряної маси, що надійде до пункту прогнозу через 12 год. Нахилені суцільні лінії обмежують області з різною висотою хмар.

Для прогнозу нижньої межі хмарності за графіками необхідно заздалегідь за допомогою основних або кільцевих карт погоди визначити район, звідки надходить повітряна маса. Досить точно це можна зробити на основі аналізу карт АТ-850 або АТ-700 гПа, прийнявши за траєкторії повітряних часток ізогіпси. При використанні карти АТ-700 швидкість переносу рекомендується приймати рівною 0,7...0,8 від середньої швидкості, визначеної на цьому рівні. Якщо карти баричної топографії відсутні, то для розрахунку треба брати середнє значення швидкості геострофічного вітру.

Для прогнозу висоти нижньої межі хмар завчасністю 8...10 год також використовуються уточнені графіки О.І. Гоголевої. Рис. 13.3 характеризує залежність висоти нижньої межі хмар від прогностичної температури повітря T та адвективної зміни точки роси δT_{d_a} вздовж траєкторії переносу.

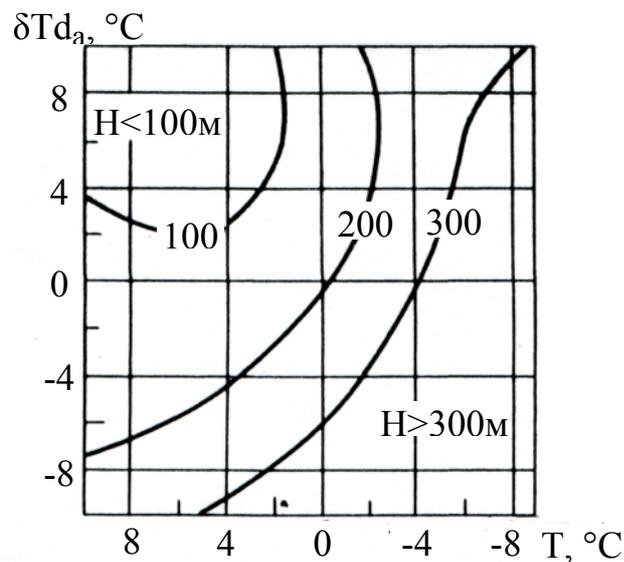


Рис. 13.3 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі хмар в залежності від зміни точки роси вздовж траєкторії переносу і прогностичної температури повітря.

На рис. 13.4 наведена залежність висоти нижньої межі хмар від значення температури повітря T_a і точки роси T_{d_a} на початку траєкторії за холодний період року при добре вираженій адвекції тепла.

Графік рис. 13.5 дає можливість прогнозувати зміни висоти нижньої межі хмар із завчасністю до 12 год за даними про зміни температури повітря δT і точки роси δT_d вздовж прогностичної траєкторії:

$$\delta T = T_a - T, \quad \delta T_d = T_{d_a} - T_d,$$

де T_a, T_{d_a} - значення температури і точки роси на початку траєкторії; T, T_d - фактичні значення температури і точки роси в пункті прогнозу.

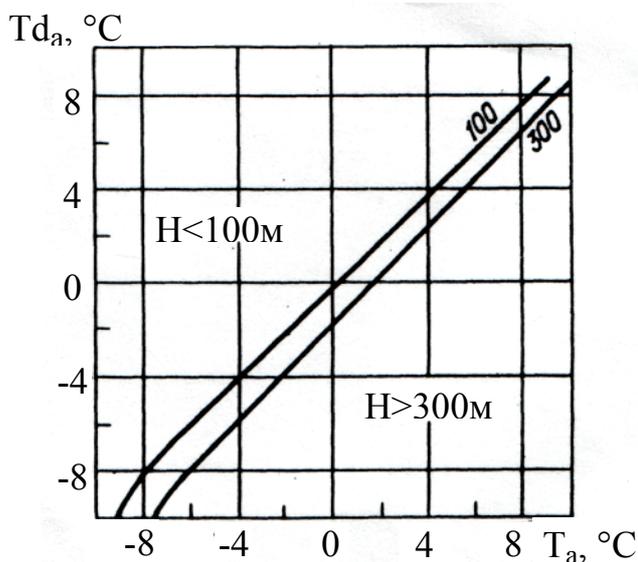


Рис. 13.4 – Графік для прогнозу висоти нижньої межі хмар в залежності від температури і точки роси на початку траєкторії переносу.

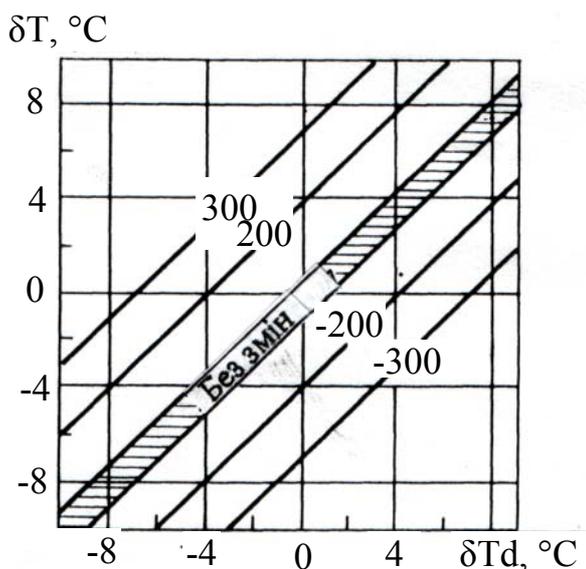


Рис. 13.5 – Графік для прогнозу зміни висоти нижньої межі хмар в залежності від зміни температури і точки роси вздовж траєкторії переносу.

При відсутності адвекції (тепла або холоду) для визначення висоти нижньої межі хмар на строк до 6 год використовують графік залежності прогностичного значення температури повітря $T_{пр}$ від вертикального градієнту температури в граничному шарі атмосфери товщиною 500...600 м або для шару інверсії за формулою $\gamma = -dT/dz$ (рис. 13.6).

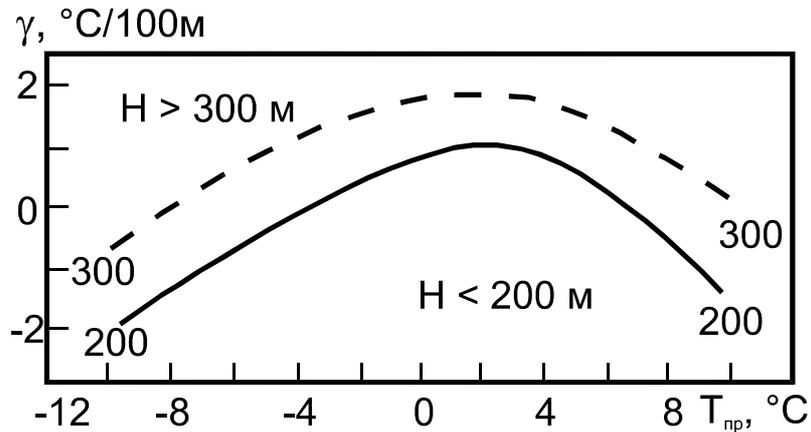


Рис. 13.6 – Графік для прогнозу висоти хмар в залежності від вертикального градієнта температури і прогностичної температури повітря.

Прогноз виникнення або збереження низької хмарності в ранковій годині наступної доби в холодний період року

Низька хмарність, частіше за все, виникає в холодний період року, коли температура підстильної поверхні близька до 0 °C або від’ємна. Повторюваність низької хмарності збільшується при адвекції вологого і теплого повітря над холодною підстильною поверхнею.

Імовірність з’явлення низьких хмар можна визначити за прогнозом температури повітря біля поверхні землі за допомогою графіка, запропонованого А.К. Лугченко (рис. 13.7). На осі абсцис цього графіка відкладена температура повітря, на осі ординат - прогностична температура ($T_{пр}$) на добу вперед. Криві на цьому графіку показують імовірність (%) виникнення низьких хмар висотою менше 200 м.

На основі цього графіка, використовуючи значення прогностичної температури, можна передбачити виникнення або збереження низьких хмар або туману в ранковій годині наступної доби. Графіком користуються наступним чином. З точки, що відповідає фактичній температурі, необхідно опуститися вертикально донизу, а із точки, що відповідає прогностичній температурі, переміститися вліво паралельно осі абсцис до перетину з ізолінією температури. В місці перетину визначають імовірність виникнення або збереження низьких хмар.

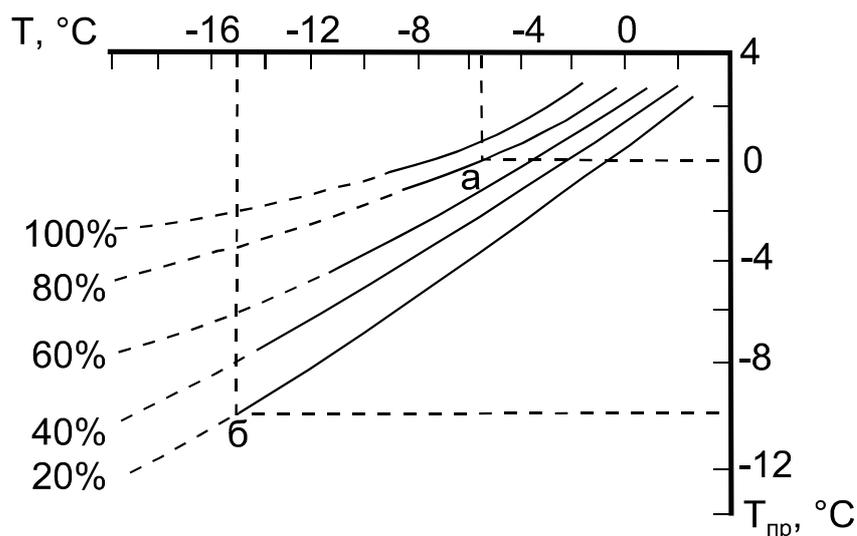


Рис. 13.7 - Графік для визначення імовірності появи хмар висотою менше 200 м (за методом А.К. Лугченко).

Визначення імовірності зниження хмарності в найближчі 2 год

Цей метод (метод М.В. Рубінштейна) застосовується для випадків, коли через район прогнозу не проходять атмосферні фронти і не випадають опади. По графіку (рис. 13.8) від значення фактичної швидкості вітру треба переміститися вправо до початкової висоти нижньої межі хмар, а потім піднятися по вертикалі вгору до перетину з ізолінією прогностичного значення зміни дефіциту точки роси $\Delta = D_{пр} - D_{ф}$ (якщо цих даних немає - до товстої нахиленої лінії) і на вертикальній осі номограми відрахувати імовірність P (%) зниження хмар на найближчі 2 год. Використовуючи отримане значення імовірності і дані табл. 13.1, визначаємо прогностичну висоту нижньої межі хмар.

Таблиця 13.1 - Висота хмар (м), що прогнозується на найближчі 2 год (за даними методу М.В. Рубінштейна)

Фактична висота хмар, м	$P < 35$,%	$P \geq 35$,%
100...150	100...150	100...150, часом 50...100
150...200	150...200	150...200, часом 100...150
200...300	200...300	200...300, часом 150...200

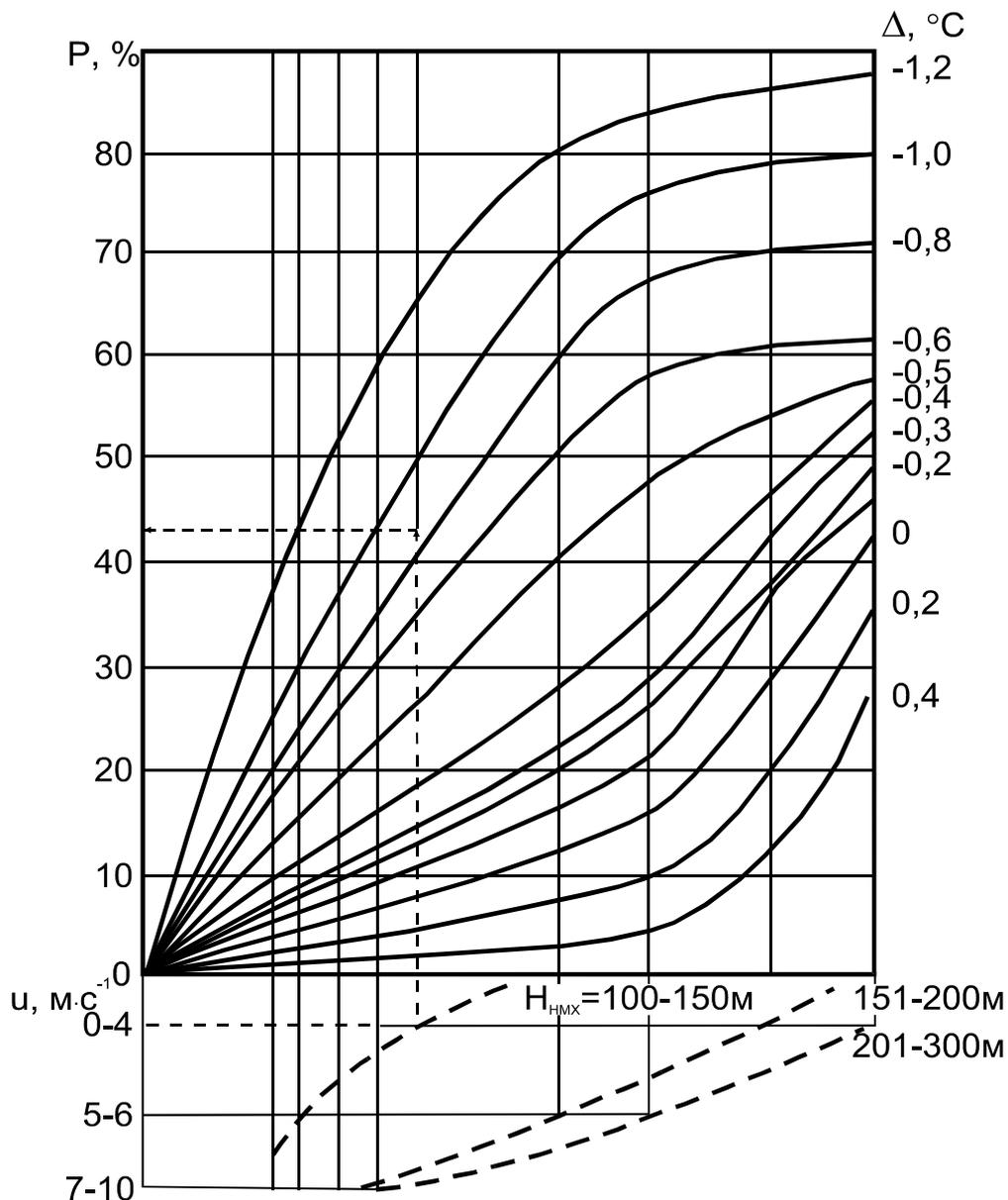


Рис. 13.8 - Прогноз низьких хмар (за методом М.В. Рубінштейна).

Діагноз і прогноз шаруватих хмар середнього і верхнього ярусів

Діагноз і прогноз шаруватих хмар середнього і верхнього ярусів базується на аналізі синоптичної ситуації. Хмари Cs і As утворюються при адвекції тепла і вологи за наявності висхідних рухів повітря. Якщо очікується адвекція холоду, адвективне зменшення вологи і низхідні рухи повітря, то прогнозується руйнування вже існуючих хмар або не слід прогнозувати їх утворення.

Однією з головних ознак наявності або відсутності хмарності на будь-якій висоті є дефіцит точки роси. В табл. 13.2 наведені середні значення дефіциту точки роси (T-Td) на певних ізобаричних поверхнях при наявності та відсутності хмарності.

Хмарні шари, як правило, характеризуються однорідним ходом температури, при цьому вертикальний градієнт температури звичайно буває близьким до вологоадіабатичного. Шарувата хмарність формується при адвекції тепла і руйнується при адвекції холоду. Знак адвекції пов'язаний з обертанням вітру з висотою в вільній атмосфері: правий поворот вітру свідчить про адвекцію тепла, лівий - холоду. Таким чином, маленькі значення дефіциту і правий поворот вітру вказують на наявність хмар в шарі, лівий поворот при тому ж дефіциті - на відсутність хмар в шарі. Верхня межа хмар верхнього ярусу співпадає з рівнем максимального вітру.

Таблиця 13.2 - Середні значення $(T-T_d)$, при яких спостерігається хмарність або вона відсутня

p, гПа	Хмарність		p, гПа	Хмарність	
	спостерігається	відсутня		спостерігається	відсутня
950	$\leq 1,6$	$\geq 4,5$	600	2,2	8,0
900	1,5	4,5	550	2,4	8,2
850	1,5	5,2	500	2,5	8,2
800	1,7	6,0	400	2,8	8,3
750	1,8	7,0	300	3,2	8,5
700	1,9	7,2	200	4,0	9,0
650	2,0	8,0			

При діагнозі хмар в зоні атмосферних фронтів використовуються такі ознаки:

- якщо в зоні фронту вертикальний градієнт температури майже співпадає з вологоадіабатичним і дефіцит точки роси невеликий, то існують сприятливі умови для наявності потужної хмарної системи;

- якщо фронт пологий і в зоні фронту вертикальний градієнт температури і дефіцит точки роси невеликий, то хмарність не повинна бути потужною;

- якщо в зоні фронту вертикальний градієнт температури незначний, а дефіцит точки роси великий, то хмарність в теплому повітрі відсутня.

Прогноз шаруватої хмарності в шарі від 1 до 6 км завчасністю 6...18 год може бути складений за допомогою графіків розроблених Т.П. Поповою (рис. 13.9). На графіках представлена залежність еволюції шаруватої хмарності від адвективних змін температури (δT_a) та адвективних змін дефіциту точки роси ($\delta(T-T_d)_a$). Дві демаркаційні лінії поділяють поле графіка на три зони з різними ймовірностями наявності (утворення) або відсутності (розсіювання) хмар.

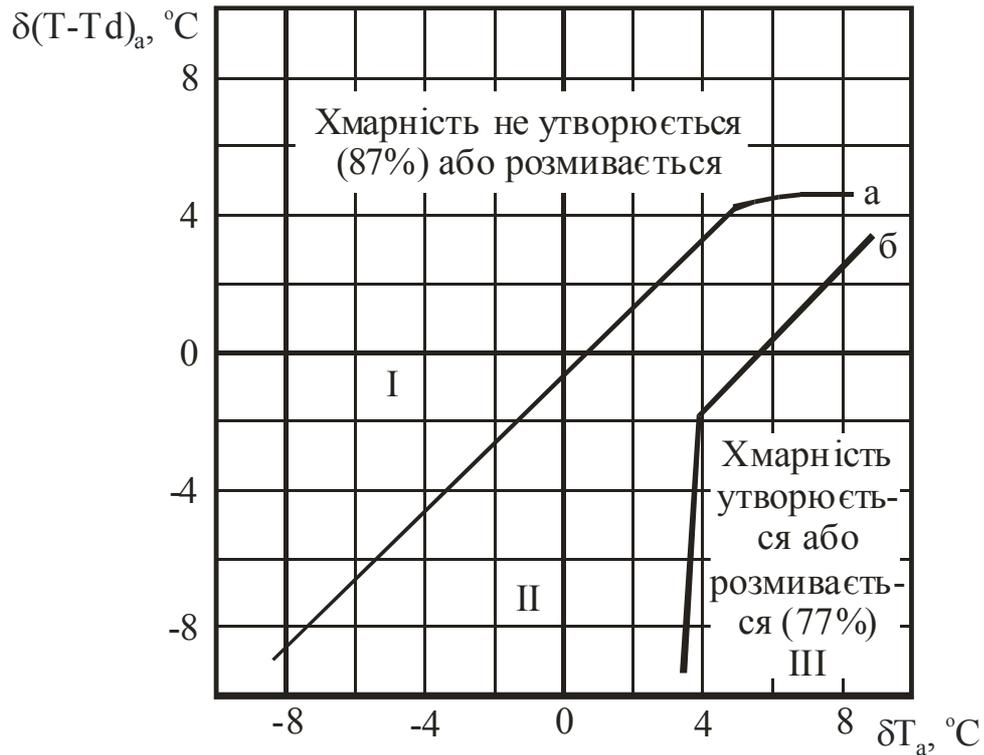


Рис. 13.9 - Еволюція шаруватої хмарності.

Прогноз верхньої межі хмар

Для прогнозу верхньої межі хмарності використовують відомості екіпажів літаків, що знаходяться в повітрі, дані радіолокаційних спостережень або температурно-вітрового зондування атмосфери. При відсутності цієї інформації висоту верхньої межі внутрішньомасової шаруватої і шарувато-купчастої хмарності можна оцінити за формулою:

$$H_B = 2 (H_H + 100),$$

де H_B , H_H - відповідно верхня і нижня межі хмарності (м).

Контрольні запитання

1. Які процеси приводять до утворення низької хмарності?
2. Як класифікується хмарність за висотою?
3. Як класифікується хмарність за морфологією?
4. Які характеристики хмарності необхідно знати при забезпеченні польотів?
5. Які методи використовуються для прогнозу низької хмарності? На чому вони базуються?

Вихідні матеріали

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери.
2. Бланк аерологічної діаграми.
3. Карти Навчального авіаційного метеорологічного атласу.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 67 - 71.
3. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии.- Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 184 с.
4. Практикум з синоптичної метеорології //Під ред. Івус Г.П., Іванової С.М. – Одеса: ТЭС, 2004. – 419 с.
5. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 203 - 213.

Завдання 1

Визначити можливість вильоту літака санітарної авіації (мінімум 100×1000), якщо з метеостанції району посадки поступили тільки дані наземних спостережень про температуру повітря, точку роси і відносну вологість.

Дані	Варіант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
T, °C	11,8	15,9	12,0	13,0	14,7	15,0	13,6	12,4
Td, °C	10,2	12,5	10,6	10,8	12,2	12,6	11,1	11,0
f, %	88	96	86	92	89	91	90	87
$\bar{\gamma}, 10^{-4}$ °C/1 м	66	60	69	62	65	67	64	63

Завдання 2

Визначити можливість виконання польоту за маршрутом на літаку, екіпаж якого має мінімум 200×2000 .

Дані	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T _ф , °C	-15,0	-5,5	-12,6	-9,2	-11,8	-6,4	-7,5	-8,0	-13,5	-14,4
T _{пр} , °C	-3,0	-2,0	0,0	-3,0	0,0	1,0	-1,0	0,0	-3,0	1,00

Завдання 3

Визначити можливість візуального польоту на висоті 100 м для виконання авіаційно-хімічних робіт.

Дані	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{\phi}, ^\circ\text{C}$	-10.2	-9.0	-5.4	-10.2	-8.7	-9.1	-10.6	-5.9	-6.3	-8.8
$T_d, ^\circ\text{C}$ через 12 год	-9.3	-8.6	-3.8	-9.7	-6.4	-2.9	-10.0	-4.2	-5.3	-7.5

Завдання 4

Визначити можливість виконання польотів, якщо дозволено їх виконувати при кількості хмар не більш 4 балів.

Прогноз температури: $T_{12} = 21,5 ^\circ\text{C}; T_{15} = 25,6 ^\circ\text{C}$					Прогноз температури: $T_{12} = 17,1 ^\circ\text{C}; T_{15} = 21,8 ^\circ\text{C}$				
Н, км	р, гПа	$T_{\phi}, ^\circ\text{C}$	$T_{d_{\phi}}, ^\circ\text{C}$	f, %	Н, км	р, гПа	$T_{\phi}, ^\circ\text{C}$	$T_{d_{\phi}}, ^\circ\text{C}$	f, %
0,0	996	13,8	12,3	90	0,0	991	13,3	11,8	90
0,28	972	16,1	13,0	87	0,34	965	15,5	11,8	81
0,78	926	12,3	12,1	96	0,85	920	13,1	12,7	94
1,49	850	9,9	3,3	57	1,55	850	11,1	4,0	53
2,10	788	1,8	-1,6	63	2,00	789	1,6	-1,8	63
2,70	700	1,6	-2,4	70	2,60	700	2,7	-2,2	63
5,40	510	-3,4	-8,0	72	4,65	590	-1,8	-6,0	76

Завдання 5

Визначити можливість посадки літака на аеродромі через 2 год, якщо екіпаж має мінімум 100×1000 .

Дані	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_{н\phi}, \text{м}$	140	170	90	165	185	250	100	150	240	130
$u, \text{м}\cdot\text{с}^{-1}$	3	4	2	6	8	9	3	7	5	1
$D_{пр} - D_{\phi}, ^\circ\text{C}$	-1,0	0,4	-1,0	-1,2	0,0	-0,3	-	0,2	-0,3	-0,8

Звітні матеріали

1. Текст прогнозу в робочому зошиті.
2. Аерологічна діаграма з даними аналізу (при необхідності).
3. Рішення прикладу завдання 4 записується детально з підставленням всіх значень, необхідних для розрахунку величини $k_{стр}$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

ДІАГНОЗ ТА ПРОГНОЗ ТУМАНІВ

Мета роботи: вивчити умови та методи діагнозу і прогнозу виникнення туманів та часу їх розсіювання.

Вплив туманів на політ літаків

Туман - це помутніння повітря в приземному шарі, яке викликане продуктами конденсації водяної пари при горизонтальній видимості менше 1 км хоча б в одному напрямку. При погіршенні видимості в межах від 1 до 10 км явище має назву - серпанок.

Туман формується під дією таких факторів:

1) охолодження нижнього шару повітря за рахунок теплообміну з підстильною поверхнею;

2) випаровування з поверхні води, ґрунту або краплин дощу в більш холодне повітря;

3) надходження в приземний шар повітря водяної пари з продуктами згорання великої кількості палива промисловістю, транспортом та інше.

Туман виникає при відносній вологості від 97 до 100 %. В залежності від фізичних процесів формування тумани поділяють на три основних класи:

- тумани охолодження (радіаційні, адвективні і адвективно-радіаційні);

- тумани випаровування;

- тумани від згорання палива.

В залежності від синоптичних умов формування виділяють два типи туманів: внутрішньомасові і фронтальні.

Радіаційний туман формується над сушею при безхмарній погоді, слабкому вітрі в результаті нічного зниження температури повітря перед сходом сонця, коли мінімальна температура повітря стає нижчою за точку роси в вечірній строк за рахунок радіаційного охолодження підстильної поверхні. Формування радіаційного туману відбувається в антициклонах, гребнях, баричних сідловинах, іноді, переважно влітку, у малоградієнтному полі пониженого тиску. В більшості випадків туман виникає при малохмарній погоді та швидкості вітру біля поверхні землі до $2...3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. При повному штилі перенос вологи обумовлюється тільки молекулярними процесами, і хоча на поверхню ґрунту може випасти роса, туман не виникає через відсутність перемішування. Чим ближче повітря до стану насичення, тобто, чим менший дефіцит точки роси у вечірні години і відносна вологість більше 60 %, тим більш сприятливі умови для виникнення туману. Чим більша точка роси і її зниження протягом ночі, тим густіший повинен бути радіаційний туман. Чим нижча температура

повітря і менша швидкість вітру, тим більше повинно бути зниження точки роси в умовах радіаційного охолодження. Інверсійний розподіл температури при малому дефіциті точки роси у шарі 50...300 м від поверхні землі сприятливий для виникнення радіаційного туману. Радіаційний туман, як правило, утворюється ввечері або вночі і розсіюється через деякий час після сходу сонця, приблизно через 2 год над ґрунтом і через 2...4 год над сніговим покривом. Стан поверхні ґрунту (її вологість) грає суттєву роль у виникненні туману.

Виникненню туману сприяє також ввігнутий рельєф місцевості (долина, улоговина), куди вночі стікає повітря з більш високих місць, застоюється і додатково охолоджується.

Адвективні тумани виникають в теплом повітрі при його переміщенні над холодною підстильною поверхнею. Вони пов'язані з малорухомими баричними утвореннями при наявності стійкої адвекції тепла і вологи на охолоджену підстильну поверхню. Якщо очікується підвищення температури на 9...12 °С, в прогнозі на 1...2 доби слід вказати туман. При дефіцитах точки роси більше 6 °С умови для туману практично відсутні. Більшість адвективних туманів формується або посилюється пізно увечері і розсіюється або слабшає вранці. Формування туману за рахунок чисто адвективного фактору над суходолом спостерігається рідко, як правило, адвективна причина доповнюється радіаційним фактором.

Адвективно-радіаційний туман формується над охолодженим суходолом переважно в холодний період року, вночі, при слабкій адвекції теплого повітря. Швидкість вітру в приземному шарі повітря складає 1...2, рідко 3...4 м·с⁻¹. Додаткова конденсація водяної пари виникає за рахунок радіаційного охолодження теплого повітря в приземному шарі, чому сприяє повне прояснення навіть на короткий проміжок часу або хмарність незначної густини і товщини.

Туман випаровування формується в стійко стратифікованому холодному повітрі при його пересуванні над водяною поверхнею, яка тепліша за шар повітря на 10 °С і при відносній вологості $f \geq 70\%$. Чим більша різниця між температурою води і температурою повітря, тим густіший туман. Якщо в сильно вихолодженому над сушею повітрі в антициклоні або гребені інверсія починається від землі, то при його зміщенні на теплу водяну поверхню нижній шар повітря нагрівається. Приземна інверсія при цьому руйнується до висоти 50...100 м і стає піднесеною. В підінверсійному шарі повітря стає нестійким і насиченим водяною парою. В результаті перемішування водяної пари з більш холодним повітрям під шаром інверсії відбувається конденсація, яка приводить до формування туману. Взимку туман випаровування спостерігається і над внутрішніми морями, а саме, над Чорним морем, поблизу узбережжя восени - над озерами і ріками, які не замерзають.

Фронтальний туман виникає:

1. Попереду малорухомого теплого фронту або фронту оклюзії за типом теплого, в холодному повітрі при наявності приземної або піднесеної інверсії за рахунок випаровування більш теплих краплин дощу чи мряки.

2. В зоні фронтів, особливо малорухомих, при опусканні низьких хмар, внаслідок випаровування краплин дощу або над зволоженою дощем поверхнею ґрунту при слабкому турбулентному обміні під шаром хмар.

3. За холодним фронтом взимку, якщо в клині холодного повітря випадає дощ або відбувається випаровування з більш вологого теплого ґрунту.

4. При зміщенні вологої теплої або холодної маси з великими контрастами температур, що сприяє утворенню туману, як в зоні фронту, так і за фронтом вздовж узбережжя морів, льодовиків, межі снігового покриву і т.п.

Тумани усіх видів спостерігаються, як правило, при стійкій стратифікації в граничному шарі атмосфери і наявності над ними піднесеної інверсії температури, яка затримує тепло і вологообмін з вище розташованими шарами. Для радіаційного і адвективного туманів характерна квазістаціонарність баричного поля.

При прогнозі всіх видів туману необхідно визначити наявність таких факторів їх утворення:

а) синоптичні умови, напрямок і швидкість потоків біля поверхні землі;

б) кількість хмарності, що очікується наступної ночі - ясно чи хмарно;

в) характер стратифікації, наявність приземних або піднесених інверсій за даними радіозондування і прогностичною кривою стратифікації;

г) наявність і знак адвекції температури;

д) орографічні особливості пункту прогнозу;

ж) стан підстильної поверхні, як джерела вологи.

Прогноз радіаційного туману

За методом *О.С. Зверева* прогноз розробляють у такій послідовності:

а) за фактичною і прогностичною картами погоди оцінюють можливість виникнення радіаційного туману;

б) температуру туманоутворення T_T визначають за формулою:

$$T_T = T_d - \delta T_T, \quad (14.1)$$

де T_d - точка роси за вечірній строк спостереження, близький до часу заходу сонця (як правило, це 18 год за місцевим часом) в пункті прогнозу;

δT_T - додаткове охолодження, необхідне для формування туману, яке визначають за допомогою графіка (рис. 14.1). На цьому графіку від значення точки роси піднімаються по вертикалі вгору до перетину з демаркаційною кривою, потім зміщуються по горизонталі вправо і на вертикальній осі відраховують додаткове охолодження δT_T ;

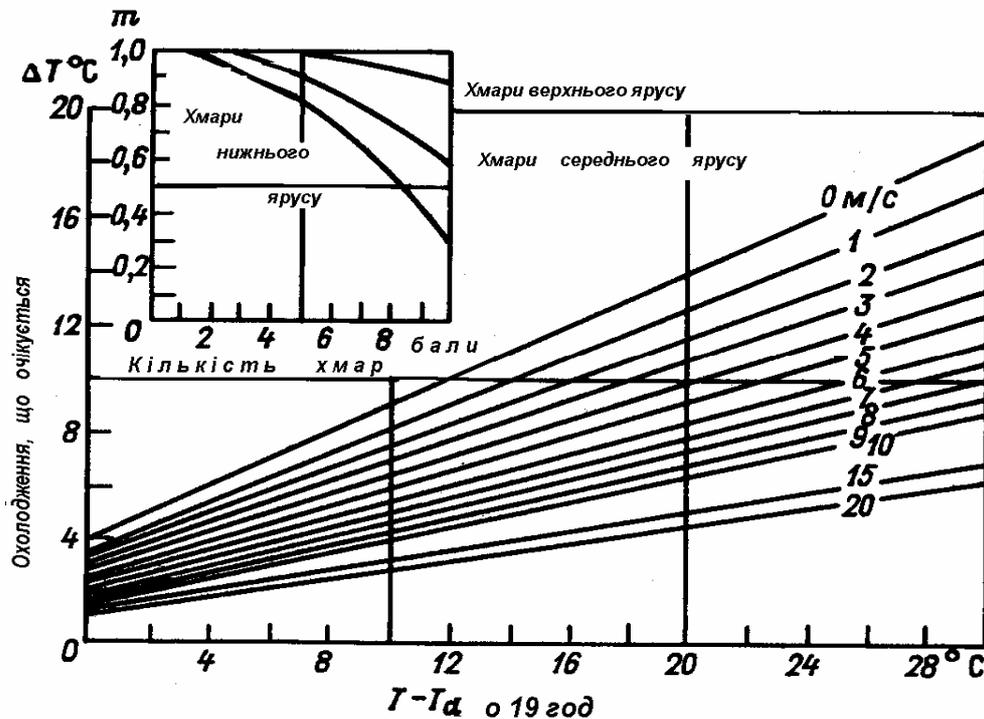


Рис. 14.1 – Номограма для прогнозу нічного мінімуму температури за даними спостережень о 17...19 год місцевого часу.

в) прогнозують мінімальну температуру повітря біля поверхні землі:

$$T_{\min} = T_0 - m \delta T_T, \quad (14.2)$$

де T_0 - температура повітря за вечірній строк спостереження (18 год); δT_T – очікуване охолодження повітря при ясному небі; m - поправка на хмарність. Величини m і δT_T знаходять за номограмою (рис. 14.2);

г) визначають можливість утворення туману: при $T_{\min} \leq T_T$ слід очікувати туман (сильний туман), при $T_{\min} \geq T_T$ туман не передбачається;

д) прогнозують час формування туману: обчислюють відношення $\frac{T_0 - T_T}{T_0 - T_{\min}}$, потім за графіком (рис.14.3) визначають частку ночі n , коли слід очікувати утворення туману (при заході сонця $n = 0$, опівночі $n = 0,5$, при сході сонця $n = 1$).

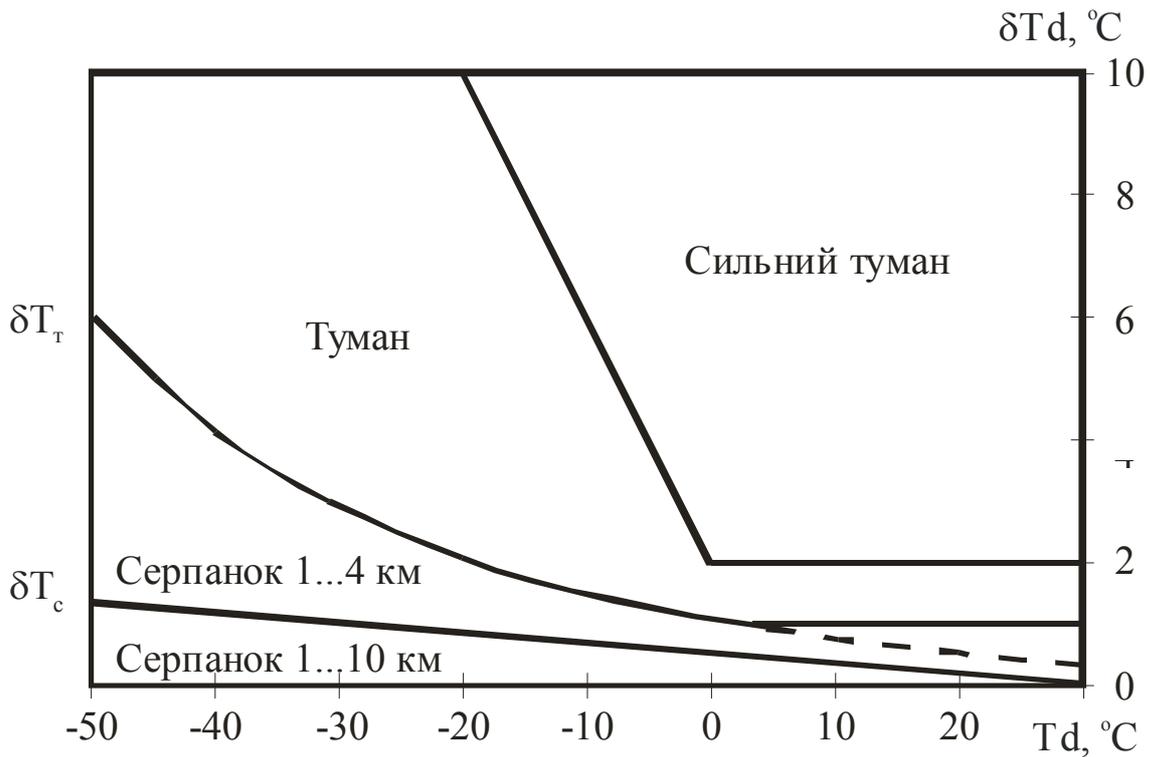


Рис. 14.2 - Графік для визначення додаткового охолодження ΔT_r .

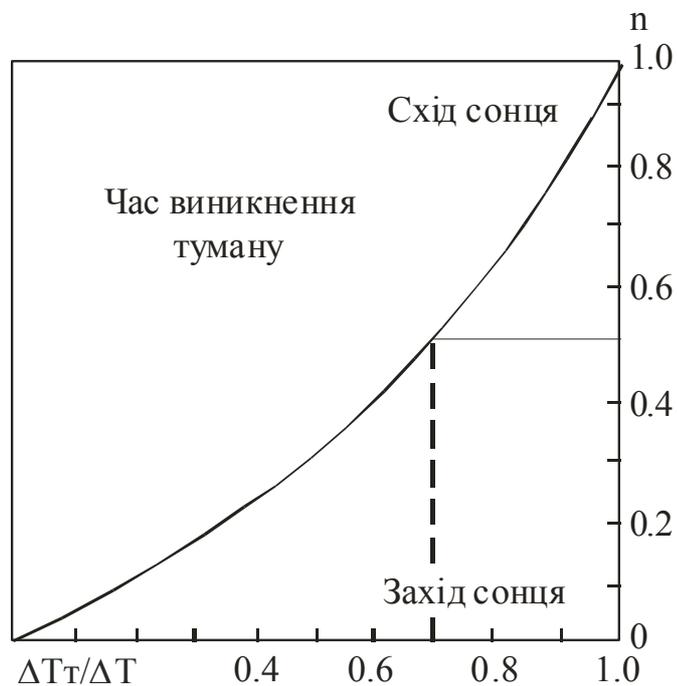


Рис. 14.3 – Графік для прогнозу часу формування туману.

За методом М.В. Петренка прогноз туману здійснюється так:

- за фактичною і прогностичною картами погоди оцінюють можливість виникнення радіаційного туману;

- б) за формулою (14.1) обчислюють T_T - температуру туманоутворення;
 в) додаткове охолодження δT_T визначають за даними табл. 14.1.

Таблиця 14.1 - Середні значення додаткового охолодження δT_T
 (згідно М.В. Петренка та П.А. Сироти)

Td, °C	$\delta T_T, ^\circ\text{C}$	
	Район 1	Район 2
20...11	1.7	2.2
10...0	2.0	2.3
-1...-10	2.2	2.5
-11...-20	2.7	3.0
-20...-30	3.4	3.6

Район 1 – район, де спостерігається перенос повітря з міст (при $T_d < 0^\circ\text{C}$) та перенос повітряних мас з водоймищ (при $T_d > 0^\circ\text{C}$). Район 2 знаходиться на рівнинній місцевості на значній відстані від населених пунктів і значних водоймищ;

г) складають (за одним із існуючих методів) прогноз мінімальної температури повітря T_{\min} . Якщо виявиться, що $T_{\min} > T_T$, то туман не прогнозується. Якщо $T_{\min} \leq T_T$, то за останніми даними зондування атмосфери слід встановити, чи буде сприятливим для виникнення туману розподіл швидкості вітру і дефіциту точки роси в нижньому шарі атмосфери;

д) в холодний період року туман можливий при швидкості вітру не більше $7 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на висоті 100 м і не більше $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на висоті 300...900 м. В теплий період року ці значення слід зменшити на $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Якщо протягом ночі очікуються суттєві зміни баричних градієнтів, то рекомендується скласти прогноз швидкості вітру на тих же рівнях на 12 год вперед;

ж) виникнення туману можливе, якщо в шарі 100...300 м є умови для конденсації пари.

Для оцінки таких умов на аерологічну діаграму наносять значення температури і дефіциту точки роси за вечірній або денний строк спостережень до висоти декількох сотень метрів і ці дані виправляють з урахуванням прогностичної мінімальної температури повітря. Потім оцінюють товщину Δh прилеглого до землі шару повітря, в якому можлива конденсація пари.

При цьому використовують такі критерії:

- при плюсовій температурі водяна пара конденсується в шарі, де дефіцит точки роси наближається до 0°C ;

- при температурі повітря від 0 до -10 °С конденсація виникає в шарі, де дефіцит точки роси не перевищує 1 °С;

- при температурі повітря від -20 до -30 °С конденсація можлива при дефіциті точки роси приблизно $2...3$ °С.

Якщо виявиться, що товщина шару $\Delta h \geq 100$ м, слід очікувати виникнення туману.

з) мінімальну видимість в тумані прогнозують за допомогою номограми (рис. 14.4) по вихідному значенню точки роси T_d і її максимальному зниженню $\delta T_{d_{\max}}$ протягом ночі: $\delta T_{d_{\max}} = T_d - T_{\min}$, T_d - точка роси за вихідний строк спостережень; T_{\min} - прогноз мінімальної температури на наступну ніч; S_m – метеорологічна дальність видимості.

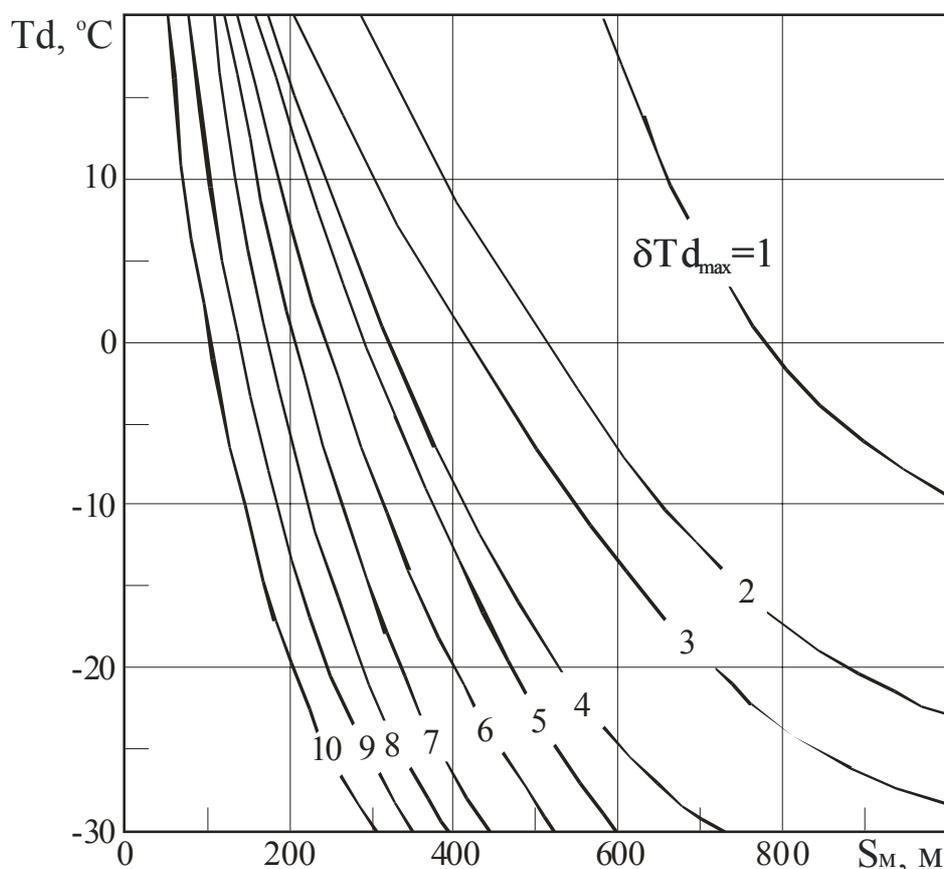


Рис. 14.4 - Номограма для прогнозу мінімальної видимості в радіаційному тумані (згідно М.В. Петренка та П.А. Сироти).

Прогноз адвективного туману

Прогноз адвективного туману значно складніший, ніж радіаційного, тому що він залежить від більшої кількості факторів; дуже важливим при цьому є визначення переносу.

При побудові траєкторії частинок робитьс я припущення, що баричне поле квазістаціонарне для інтервалу часу, на який будується траєкторія (протягом 6 год). В прогнозі із завчасністю більше 6 год необхідно

враховувати зміну баричного поля, тобто використовувати прогностичні карти погоди. При прогнозі переміщення зон туману необхідно брати до уваги еволюцію цих зон.

Необхідною умовою для тривалого туману є стійка стратифікація і наявність піднесеної інверсії. Окрім того, адвекція створює сприятливі умови для адвективного турбулентного тепло- і вологообміну нижніх шарів повітря з підстильною поверхнею, в результаті чого відбуваються неадвективні зміни температури і вологості. Однак, необхідно, щоб турбулентне перемішування, яке не залежить від швидкості вітру і стратифікації повітря, не встигало переносити вгору продукти конденсації, які виникли в приземному шарі повітря. В протилежному випадку формується не туман, а низька хмарність.

Прогноз утворення адвективного туману потребує врахування як локальних змін температури і вологості повітря, так і індивідуальних, які визначаються адвекцією і радіацією.

Якщо при радіаційному тумані індивідуальні зміни, як правило, збігаються з локальними, то при адвективному тумані ці зміни частіше мають протилежні знаки. Індивідуальні зміни температури і вологості мають однакові знаки при вологій підстильній поверхні і малому дефіциті точки роси на початку траєкторії. Якщо при адвекції тепла повітря порівняно сухе, то індивідуальні зміни температури будуть мінусовими, а вологості - плюсовими.

По суті, адвективний туман і, в більшості випадків, шаруваті хмари є продуктами трансформації повітряної маси в нижньому шарі атмосфери в холодний період року. В нижньому шарі атмосфери при хмарній погоді трансформаційні зміни температури залежать, в основному, від величини адвекції температури в цьому шарі (T_a), яка визначається швидкістю потоку (u) і горизонтальним градієнтом температури вздовж потоку $\Delta T/\Delta S$.

При одній і тій же величині адвекції тепла вертикальна стратифікація може бути різною, а також умови утворення адвективного туману будуть різними. При значній швидкості вітру і малих горизонтальних градієнтах температури вздовж потоку вертикальний градієнт буде великим, тому умови для адвективного туману несприятливі. І навпаки: при слабкому вітрі і великих горизонтальних градієнтах температури вертикальний градієнт буде малим, а умови для адвективного туману сприятливі.

За методом М.В. Петренка та С.В. Некрасова

1. Основні прогностичні параметри: різниці між значеннями температури повітря та її точки роси біля поверхні землі на початку дев'ятигодинної траєкторії частинки і фактичними їх значеннями в пункті прогнозу, відповідно ($T_a - T_{\phi}$) і ($Td_a - Td_{\phi}$), а також дефіцит точки роси на початку траєкторії ($T - Td$)_a.

2. Успішність прогнозу адвективного туману в значній мірі залежить від точності побудови прогностичної траєкторії. Методика її побудови полягає в наступному. В районі пункту, для якого складають прогноз, розраховують поле тиску з завчасністю 9 год. За даними зондування над пунктом прогнозу на висоті 150 м визначають швидкість вітру u_{15} . Від пункту прогнозу в напрямку, протилежному потоку, проводять криву таким чином, щоб вона мала кривизну прогностичних ізобар, розміщувалась приблизно під кутом 15° до цих ізобар та відхилялась в сторону високого тиску. На цій кривій відкладають відрізок L , що дорівнює половині довжини 9-годинної прогностичної траєкторії частинки повітря. Довжину відрізка L (в км) розраховують за формулою

$$L = 3,6 u_{15} \frac{\Delta n'_1}{\Delta n_1} \Delta t = 16,2 u_{15} \frac{\Delta n'_1}{\Delta n_1}, \quad (14.3)$$

де u_{15} – швидкість вітру ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$) на висоті 150 м; Δn_1 – відстань (см) між суміжними ізобарами над пунктом прогнозу за вихідний строк; $\Delta n'_1$ – відстань (см) між тими ж ізобарами через 9 год; $\Delta t = 4,5$ год.

Від проміжної точки також проти потоку проводять криву, яка повинна мати кривизну вихідних ізобар та відхилятися від них в сторону високого тиску на кут 15° . Довжина нового відрізка дорівнює другій половині 9-годинної траєкторії і розраховується за допомогою співвідношення

$$L = 16,2 u_{15} \frac{\Delta n_1}{\Delta n_2}, \quad (14.4)$$

де Δn_2 – відстань (в см) між суміжними вихідними ізобарами. Знайдена точка є початковою точкою переносу.

3. За значеннями температури і точки роси на початку траєкторії та в пункті прогнозу визначають градієнти температури $\Delta T/\Delta S = (T_a - T_\phi)/\Delta S$ і точки роси $\Delta Td/\Delta S = (Td_a - Td_\phi)/\Delta S$ вздовж траєкторії довжиною ΔS , в сотнях км (рис. 14.5). Чим більші додатні значення градієнтів, тим більша імовірність туману.

4. На полі графіка (рис. 14.5) знаходять точку перетину значень градієнта температури $\Delta T/\Delta S$ і дефіциту точки роси $(T - Td)_p$. Якщо ця точка попаде в область туману, то від неї по вертикалі слід опуститися до значення швидкості вітру u , що очікується через 9 год в пункті прогнозу. Якщо нове положення точки знову опиниться в зоні туману, тобто точка буде знаходитись між нижньою суцільною кривою і горизонталлю 0, слід

очікувати туман. Пунктирна крива на графіку відповідає метеорологічним умовам України (за даними І В. Кошеленка), де адвективний туман може виникати при більших швидкостях вітру, ніж в районі Москви.

5. Якщо за графіком (рис. 14.5) очікується туман, то додатково використовують графік, наведений на рис. 14.6. На ньому знаходять точку перетину значень $\Delta Td/\Delta S$ і дефіциту точки роси $(T - Td)_n$ у початковій точці переносу. Якщо точка попадає в область туману, тобто опиниться нижче суцільної кривої, то висока імовірність виникнення туману. Якщо точка опиниться поза областю туману, то туман все-таки прогнозують, хоча імовірність утворення туману буде нижчою. Нижня частина графіка використовується при прогнозі видимості в тумані.

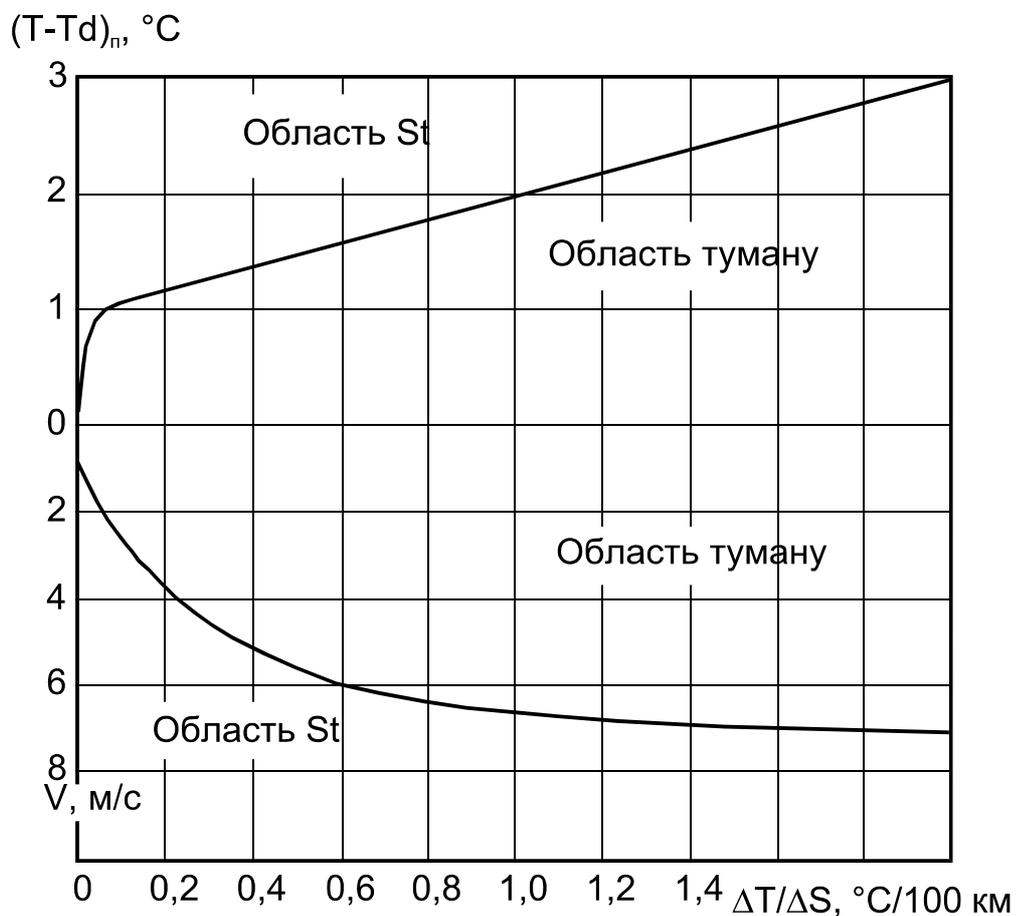


Рис. 14.5 – Комплексний графік для прогнозу адвективного туману.

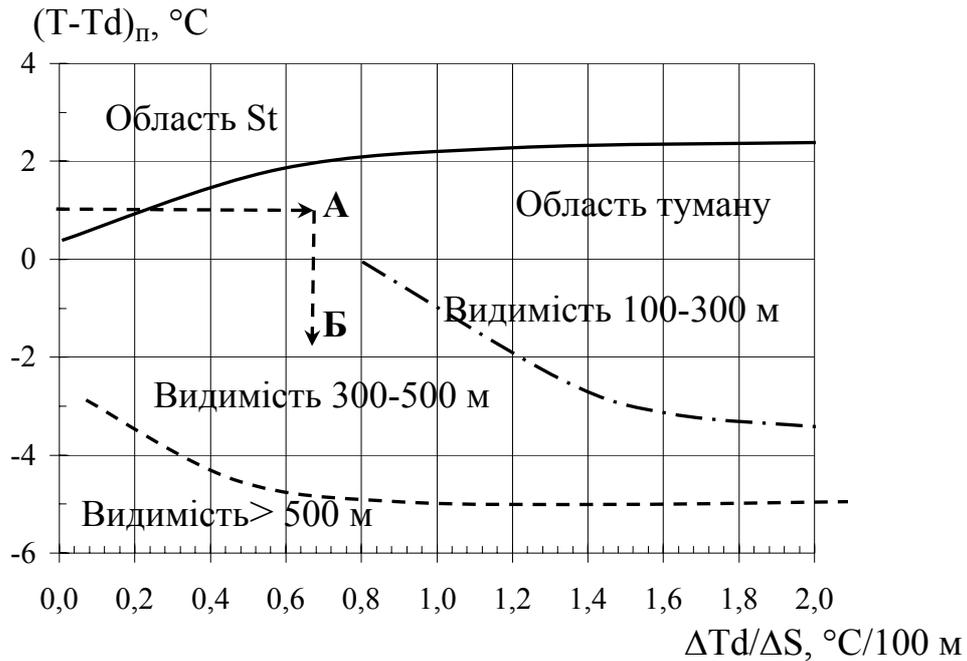


Рис. 14.6 – Комплексний графік для прогнозу адвективного туману та видимості в ньому.

6. Якщо $\Delta Td/\Delta S > 1 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ км}$, $(T - Td)_п < 2 \text{ } ^\circ\text{C}$, а очікувана швидкість вітру $u < 4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, то туман може виникнути на 2...3 год раніше, тобто через 6...7 год після строку спостережень, за якими побудована вихідна карта.

Розсіюється адвективний туман внаслідок посилення вітру на 1...2 $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ або при зміні адвекції теплого повітря на адвекцію сухого холодного повітря. В теплу пору року розсіювання адвективного туману можливе внаслідок денного прогріву повітря.

За методом І.В Кошеленка

Прогноз туману і низької хмарності із завчасністю 8...10 год робиться за допомогою номограми (рис. 14.7). На вертикальній осі відкладається прогностичне значення швидкості вітру, на горизонтальній осі - горизонтальний градієнт температури. Цей метод дозволяє визначити тільки необхідні умови утворення туману. Адвективний туман можна спрогнозувати тоді, коли адвективна температура буде нижчою або дорівнюватиме точці роси в пункті прогнозу. Величина такого зниження температури визначається за різницею між точкою роси на початку траєкторії Td_a та фактичною температурою повітря T_ϕ . Таким чином, якщо $Td_п - T_\phi \geq 0$, прогнозуємо туман.

За методом І.В. Кошеленка передбачають переміщення зон туманів, які спостерігаються, і можливість збереження туману.

1. За приземною картою для даного пункту (району) визначають траєкторію, за якою в цей пункт перемістяться частинки повітря.

2. На початку траєкторії визначають точку роси $T_{dп}$.
3. Прогнозують температуру повітря T в заданому пункті з урахуванням адвективних і трансформаційних змін температури. Якщо $T < T_{dп}$, туман можливий.
4. Якщо відоме значення вертикального градієнта температури (γ) в граничному шарі повітряної маси, що переміщується, то імовірність туману визначають за графіком (рис. 14.7).
5. Час виникнення адвективного туману передбачають за швидкістю переміщення в напрямку заданого пункту зон туманів або за часом, коли очікується охолодження частинки повітря, що переміщується, до значення $T_{dп}$.
6. При прогнозі враховується можливість зниження хмар до поверхні землі. При низькій хмарності необхідно визначити тенденцію зміни висоти нижньої межі хмар.
7. Прогноз зникнення адвективного туману в заданому пункті дається з урахуванням припинення дії факторів, що спричинили туман (зміна повітряної маси у зв'язку з проходженням фронту, послаблення адвекції тепла, збільшення γ і т.п.).

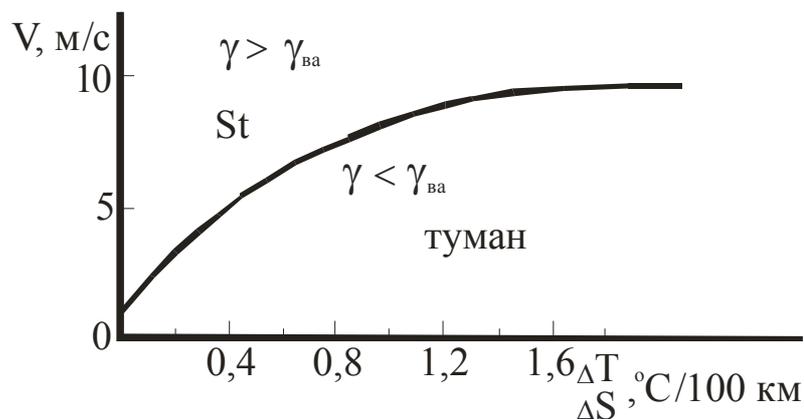


Рис. 14.7 - Графік для прогнозу адвективного туману.
 V – очікувана швидкість вітру в пункті прогнозу;
 $\Delta T/\Delta S$ – горизонтальний градієнт температури вздовж шляху переміщення частинки повітря.

За методом Л.А. Ключникової

В прибережних районах (приблизно в 100-кілометровій зоні), при вторгненні теплого повітря з моря на холодну підстильну поверхню суші, адвективний туман можна спрогнозувати за графіком, який запропонувала Л.А. Ключникова (рис. 14.8). Трансформаційне охолодження повітря при цьому прямо пропорційне різниці температури води T_B і повітря в пункті прогнозу на суші T_C , а інтенсивність туману, який утворюється, буде

визначатися масовою часткою водяної пари q (‰) в повітряній масі, що надходить. Вночі, внаслідок радіаційного охолодження повітря над сушею, різниця температур $T_B - T_C$ зростає, що викликає збільшення інтенсивності адвективного туману.

Температура водяної поверхні для прогнозу туману береться за ранковий строк і поновлюється по мірі надходження нових даних (не рідше одного разу за добу). За температуру суші береться температура повітря в психометричній будці за строк для якого прогнозується туман. Значення температури поверхні води визначають за спостереженнями прибережних, острівних станцій чи суден і для прогнозу беруть її середньодобове значення. За температуру поверхні суші беруть значення T_{\min} поверхні ґрунту за попередню добу.

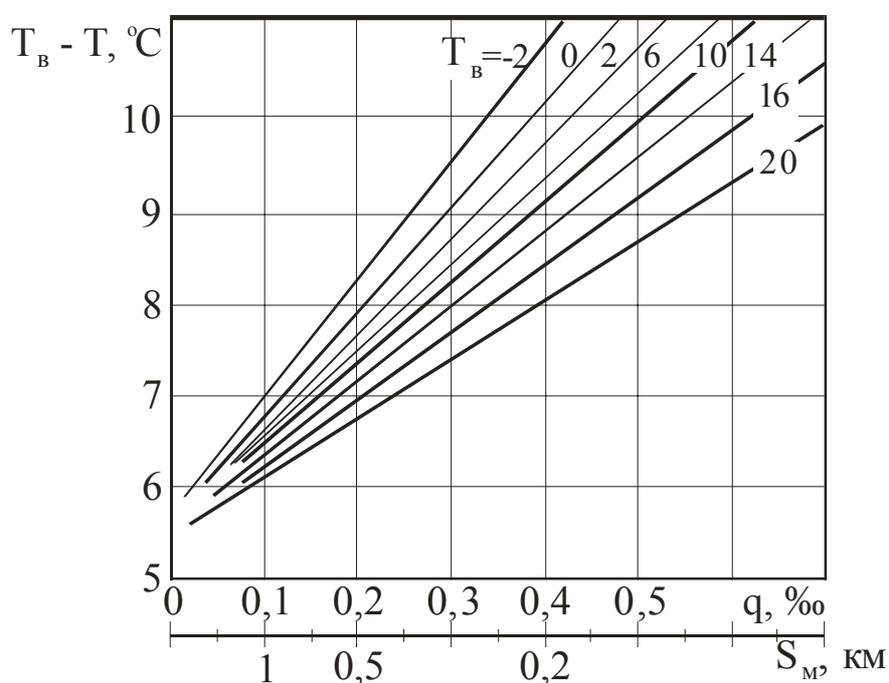


Рис. 14.8 - Графік для прогнозу адвективного туману в прибережній зоні.

Похилі лінії – ізолінії температури води на момент складання прогнозу.

За методом Б.В. Кирюхіна

Для визначення можливості посадки літаків на аеродромі, що має мінімум 50×500 , слід скористатися номограмою, запропонованою Б.В. Кирюхіним (рис. 14.9).

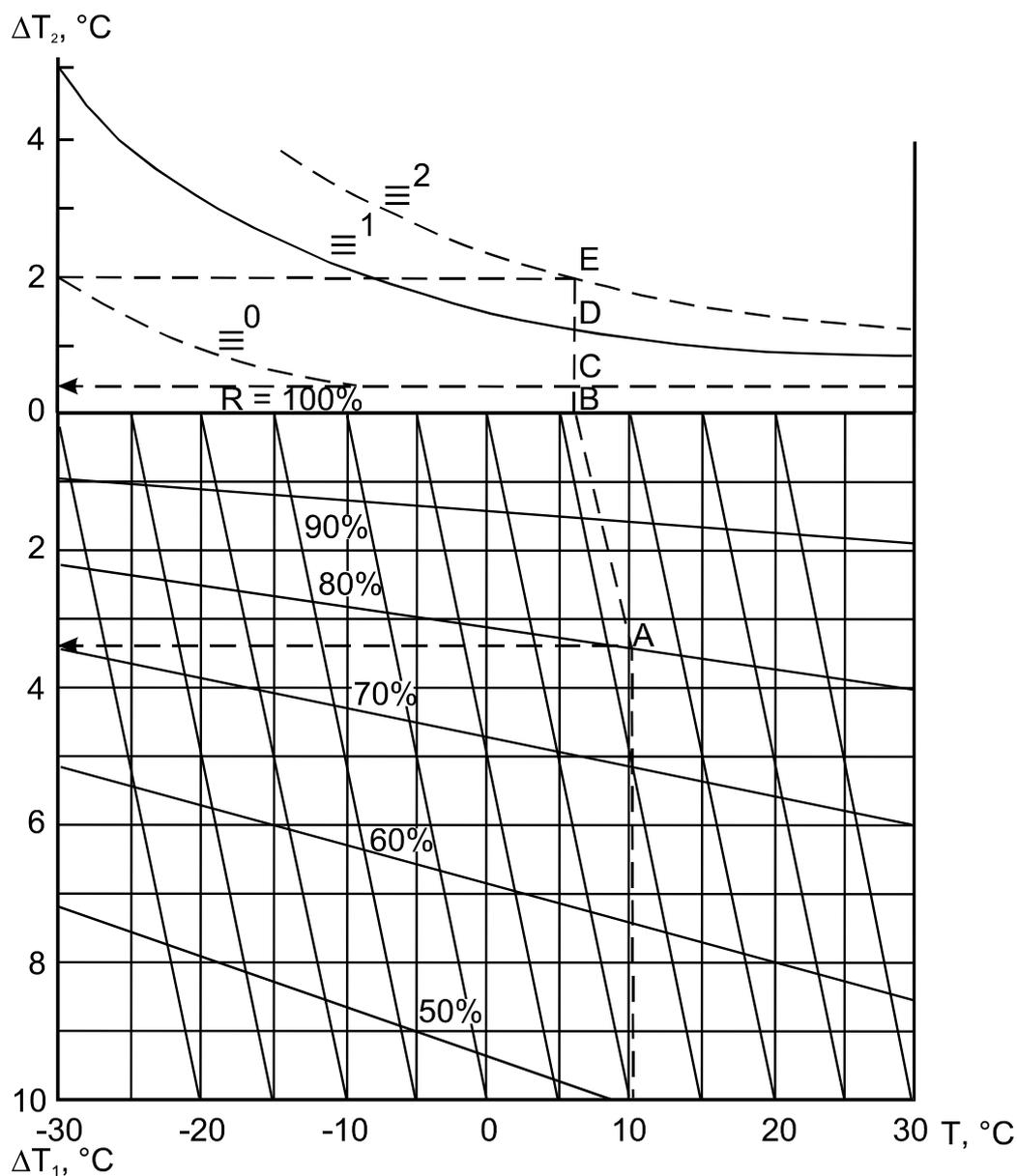


Рис. 14.9 – Номограма Б.В. Кирюхіна для прогнозу туманів.

Номограма дозволяє знайти за значенням температури і відносної вологості повітря необхідне зниження температури для досягнення насичення (ΔT_1) і додаткове зниження температури для виникнення туману різної інтенсивності (ΔT_2).

Загальне зниження температури, необхідне для виникнення туману (ΔT_T), буде дорівнювати

$$\Delta T_T = \Delta T_1 + \Delta T_2 ,$$

а отже,

$$T_T = T - \Delta T_T .$$

Величини ΔT_1 і ΔT_2 визначаються за номограмою (рис. 14.9), потім розраховується значення T_T і порівнюється з мінімальною температурою

повітря. Порядок визначення зниження температури, необхідного для виникнення туману, показаний на рис 14.9.

Прогноз часу розсіювання туману

При наявності туману нерідко виникає питання про час його розсіювання, при цьому у синоптика звичайно є інформація зі станцій, розташованих навкруги аеродрому.

Зміни туману за часом залежать як від макропроцесів, так і від його мікроструктурних характеристик. Основними причинами, які приводять до розсіювання туману, є:

- зміна синоптичної ситуації (зростання баричних градієнтів, посилення швидкості вітру та зміна його напрямку і т.п.);
- радіаційний прогрів підстильної поверхні і приземного шару повітря за рахунок сонячної радіації, при наявності промислового забруднення атмосфери;
- коагуляція і осідання краплин туману на предметах;
- випаровування краплин туману при переносі їх через верхню межу туману в сухе повітря при турбулентному обміні - турбулентне розбухання шару туману;
- при упорядкованих низхідних рухах за рахунок адіабатичного прогріву повітря, що призводить до випаровування краплин;
- розсіювання під впливом холодних краплин при випадінні опадів;
- адвективний перенос обмеженої зони туману.

Найбільшу роль в розсіюванні туману грають зміни синоптичної ситуації і радіаційний прогрів.

Розсіювання адвективного туману відбувається внаслідок посилення вітру на $1...2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, при зміні адвекції теплого повітря на адвекцію сухого холодного повітря. В тепле півріччя розсіювання адвективного туману можливе за рахунок денного прогріву повітря.

В залежності від наявності причин, які можуть призвести до розсіювання туману, час розсіювання визначають таким чином. Для тривалих туманів при змінній синоптичній ситуації існує емпірична формула:

$$t_p = 5.2 \cdot 10^{-2} \frac{\Delta H^2}{L_T \Delta U_g}, \quad (14.5)$$

де t_p - час розсіювання туману (год), що відраховується від строку останньої кільцевої карти погоди; ΔH - товщина шару туману; L_T - видимість в тумані; ΔU_g - зміна швидкості градієнтного вітру: $\Delta U_g = (U_g)_\Pi - (U_g)_\Phi$, де $(U_g)_\Pi$ - градієнтний вітер на прогностичній приземній карті, $(U_g)_\Phi$ - градієнтний вітер на фактичній приземній карті.

За рахунок низхідних рухів в добре виражених антициклонічних полях, при відсутності потужних піднесених інверсій, час розсіювання туману можна визначити за значеннями вертикальних рухів w і горизонтальної видимості L_T за допомогою графіка (рис. 14.10).

При випадінні холодних краплин дощу туман слабшає або навіть розсіюється. Прогноз поліпшення видимості в цьому випадку дається за допомогою рис. 14.11. Відношення L/L_0 (на вертикальній вісі) показує, в скільки разів покращилась видимість в дощі протягом двох годин, де L_0 - видимість до дощу, L - видимість через 2 год, I - інтенсивність дощу або мряки: кількість опадів за 1 год.

Врахування факторів, які призводять до розсіювання туману, часто буває складним через неповноту інформації, яку має синоптик. Тому простіше розрахувати час розсіювання туману, якщо користуватися зв'язком між точкою роси в момент формування туману (T_d) і температурою розсіювання туману (T_p), який наведено на рис. 14.12.

Методика складання прогнозу: за T_d в момент утворення туману з рис. 14.12 визначаємо температуру розсіювання туману T_p . Потім знаходимо $\delta T = T_p - T_{\min}$. На графіку (рис. 14.13) за значенням δT відраховуємо час розсіювання туману.

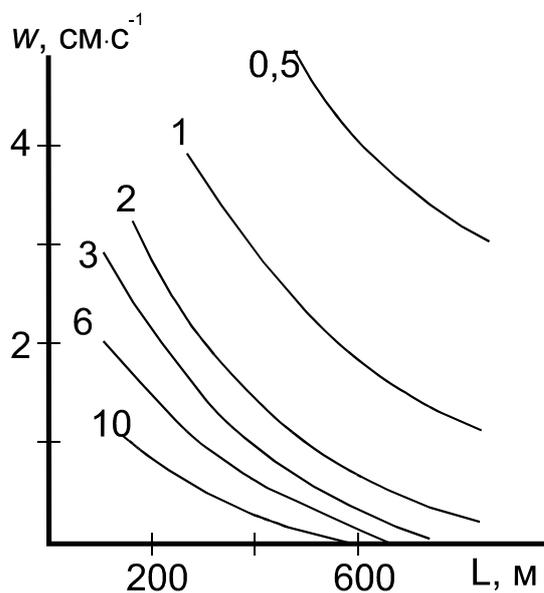


Рис. 14.10 – Номограма для визначення часу розсіювання туману під впливом низхідних рухів.

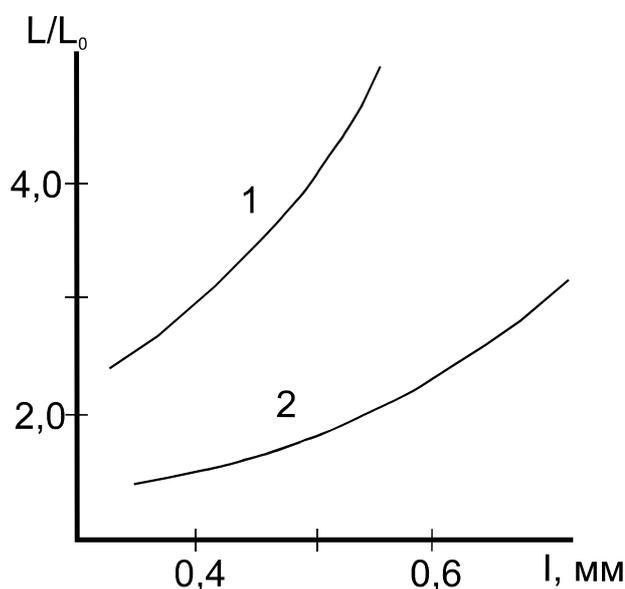


Рис. 14.11 – Графік для прогнозу покращення видимості в тумані в залежності від інтенсивності дощу.

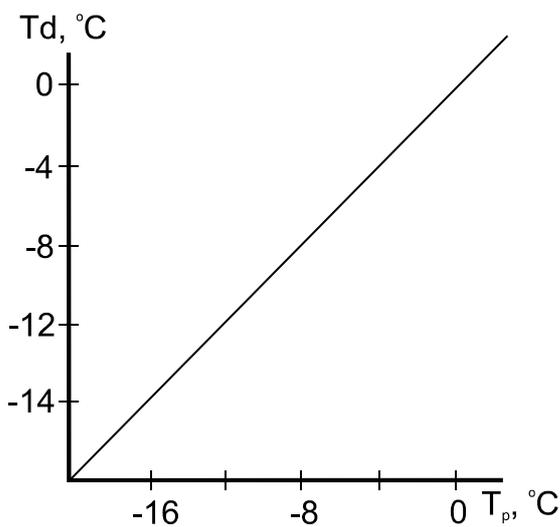


Рис.14.12 – Зв'язок між точкою роси при тумані і значенням температури його розсіювання.

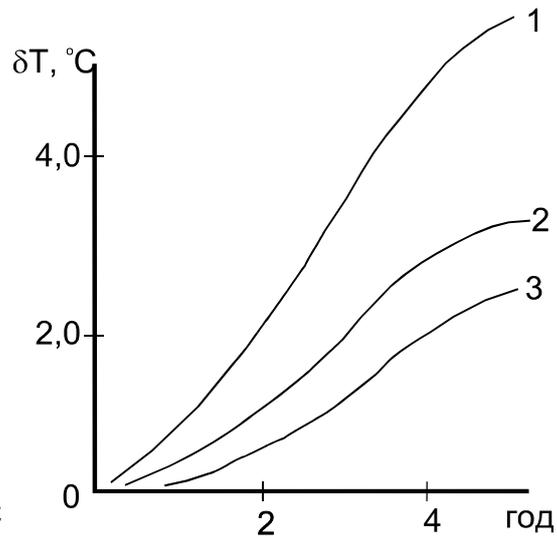


Рис. 14.13 – Графік для визначення часу розсіювання туману:
1 – березень, вересень;
2 – січень, лютий, листопад, грудень;
3 – сніговий покрив.

Контрольні запитання

1. Яке метеорологічне явище має назву «туман»?
2. Перелічіть причини виникнення туману.
3. Як поділяють тумани в залежності від їх інтенсивності, вертикальної потужності?
4. Які предиктори використовуються в методах прогнозу туману?

Вихідні матеріали

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери.
2. Бланк аерологічної діаграми.
3. Міліметровий папір.
4. Карти Навчального авіаційного метеорологічного атласу.

Порядок виконання роботи

1. Визначити можливість закриття аеродрому при встановленому мінімумі погоди 60×800 (завдання 1).
2. Визначити можливість виконання візуальних польотів (завдання 2).
3. Визначити час закриття аеродрому при мінімумі 100×1000 і час розсіювання туману на аеродромі (завдання 3).
4. Визначити можливість посадки при мінімумі погоди 50×500 (завдання 4).

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеоиздат, 1985. - С. 67 - 71.
3. Кошеленко И.В. Методика прогноза тумана и его интенсивности // Методическое письмо. - М.: Гидрометеоиздат, 1981.

4. Практикум з синоптичної метеорології //Під ред. Івус Г.П., Іванової С.М. – Одеса: ТЭС, 2004. – 419 с.

5. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеиздат, 1985. - С. 203 - 213.

Завдання 1

Визначити можливість закриття аеродрому при встановленому мінімумі погоди 60 × 800.

Варіант	Вихідні дані	Приклад				
		1	2	3	4	5
1	T ₁₉ , °С	17,0	4,1	13,0	-9,7	-6,0
	Td ₁₉ , °С	14,1	-0,5	10,9	-10,4	-7,7
	Прогноз хмарності	Ясно	4 бали, середня	5 балів, верхня	5 балів, нижня	Ясно
	Прогноз вітру, м·с ⁻¹	Тихо	3	1	2	3
2	T ₁₉ , °С	21,0	16,3	10,8	-1,4	-8,2
	Td ₁₉ , °С	19,8	8,3	9,1	-2,8	-10,0
	Прогноз хмарності	3 бали, середня	7 балів, верхня	5 балів, нижня	Ясно	Ясно
	Прогноз вітру, м·с ⁻¹	Тихо	6	4	2	Тихо
3	T ₁₉ , °С	14,7	12,4	-5,8	20,5	15,5
	Td ₁₉ , °С	13,6	2,8	-7,9	16,2	14,5
	Прогноз хмарності	4 бали, середня	6 балів, середня	Ясно	3 бали, нижня	Ясно
	Прогноз вітру, м·с ⁻¹	5	2	3	1	Тихо
4	T ₁₉ , °С	12,8	-4,9	17,5	25,0	-5,4
	Td ₁₉ , °С	9,7	-6,9	14,5	21,0	-8,0
	Прогноз хмарності	Ясно	3 бали, середня	Ясно	Ясно	5 балів, верхня
	Прогноз вітру, м·с ⁻¹	Тихо	5	2	Тихо	1
5	T ₁₉ , °С	12,8	19,4	-14,8	18,8	-4,4
	Td ₁₉ , °С	3,8	17,2	-17,4	7,0	-5,6
	Прогноз хмарності	8 балів, середня	2 бали, середня	1 бал, верхня	3 бали, нижня	5 балів, верхня
	Прогноз вітру, м·с ⁻¹	3	2	5	2	Тихо

Завдання 2

Визначити можливість виконання візуальних польотів над морем та в прибережних районах за даними про температуру повітря на суші T_c і температуру поверхні води T_B .

Вихідні дані	Приклад									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Варіант 1										
$T_c, ^\circ\text{C}$	7,0	-2,2	0,0	14,3	-1,2	17,4	13,3	8,1	1,2	16,1
$T_B, ^\circ\text{C}$	-3,1	-7,9	-8,8	5,4	-1,9	9,5	2,4	0,9	-7,0	9,2
Варіант 2										
$T_c, ^\circ\text{C}$	2,1	20,3	10,0	1,2	5,0	0,9	22,1	15,1	11,0	4,1
$T_B, ^\circ\text{C}$	-4,8	12,3	-1,1	-7,0	-3,1	-6,8	15,4	5,2	3,3	-3,9
Варіант 3										
$T_c, ^\circ\text{C}$	15,3	5,9	18,5	12,0	21,5	9,0	-2,1	0,0	21,9	19,3
$T_B, ^\circ\text{C}$	8,2	-2,8	9,8	3,4	12,1	0,0	-10,0	-6,8	12,1	12,0

Завдання 3

Визначити час закриття аеродрому при мінімумі 100×1000 і час розсіювання туману на аеродромі.

Вихідні дані	Приклад									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Строк спостереження 19 год										
$T, ^\circ\text{C}$	17,0	0,0	2,3	12,7	7,8	10,1	18,0	15,2	17,5	5,0
$T_d, ^\circ\text{C}$	12,1	-4,9	-3,2	7,6	2,8	5,0	12,9	10,0	12,4	0,0
Строк спостереження 19 год 30 хв										
$T, ^\circ\text{C}$	16,0	-1,0	-1,2	11,6	6,9	9,0	17,0	14,1	16,4	3,9
$T_d, ^\circ\text{C}$	12,0	-5,0	-2,8	7,6	2,9	5,1	13,0	10,1	12,2	-1,0
Строк спостереження 20 год										
$T, ^\circ\text{C}$	15,1	2,1	0,4	10,5	5,7	8,1	15,8	13,0	15,0	2,8
$T_d, ^\circ\text{C}$	11,9	-5,2	-2,7	7,6	3,0	5,2	12,9	10,1	12,1	-0,3

Завдання 4

Визначити можливість посадки літаків при мінімумі погоди 50 × 500.

Варіант	Вихідні дані	Приклад					
		1	2	3	4	5	6
1	T, °C	4,0	-0,3	-5,2	-7,9	-7,0	-2,1
	R, %	90	86	75	82	65	95
	T _{мін. пр.} , °C	0	-5	-7	-12	-13	-6
2	T, °C	10,1	-1,6	-6,1	-8,0	-12,0	-18,5
	R, %	71	62	54	85	90	95
	T _{мін. пр.} , °C	3,0	-10	-18,0	-13,0	-16,0	-22,0
3	T, °C	1,2	-1,4	-2,3	-10,5	-7,4	-20,4
	R, %	83	74	65	54	92	88
	T _{мін. пр.} , °C	-3,0	-8,0	-11,0	-20,0	-12,0	-25,0
4	T, °C	9,3	-0,7	-7,8	-20,2	-12,8	-25,0
	R, %	91	80	74	68	57	85
	T _{мін. пр.} , °C	5,0	-5,0	-15,0	-28,0	-22,0	-29,0
5	T, °C	8,4	-1,0	-6,9	-17,4	-11,7	-3,4
	R, %	74	65	90	58	82	95
	T _{мін. пр.} , °C	2,0	-9,0	-11,0	-28,0	-18,0	-7,0
6	T, °C	2,8	-1,2	-7,5	-14,1	-10,3	-17,8
	R, %	65	88	72	91	59	85
	T _{мін. пр.} , °C	-6,0	-5,0	-15,0	-20,0	-19,0	-22,0

Звітні матеріали

1. Опис синоптичного положення в робочому зошиті.
2. Текст прогнозу в робочому зошиті.
3. Відповіді по вирішенню всіх прикладів викласти письмово на окремому аркуші (за вказівкою викладача).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

ПРОГНОЗ ВИДИМОСТІ

Мета роботи: навчитися прогнозувати видимість в туманах, опадах, хуртовинах, пилових бурях.

Видимість впливає на діяльність авіації. Погіршена видимість ускладнює, а, іноді, робить неможливим виконання польотів. Вона є одним з критеріїв, що обумовлюють мінімуми погоди.

Видимість - максимальна відстань, з якої можна побачити і розпізнати неосвітлені об'єкти вдень і світлові орієнтири вночі. Видимість залежить від розміру і форми предмету, освітленості, кольору і яскравості фону та предмету, а також від прозорості атмосфери.

Метеорологічна дальність видимості (S_m) - прозорість атмосфери через відстань, на якій перестає бути видиме абсолютно чорне тіло з кутовими розмірами більше 20', яке проектується на фон неба біля горизонту.

До зміни видимості приводять такі метеорологічні явища, як опади, серпанок, туман, імла, пилова буря і т.п. Помутніння атмосфери, що викликає погіршення видимості, може бути викликано сухими або вологими процесами. Вологі процеси супроводжуються підвищенням відносної вологості повітря в приземному шарі при стійкій стратифікації атмосфери. Чим вища відносна вологість і чим більш стійко стратифікована атмосфера, тим менше значення видимості. Відомо, що при додатних температурах повітря і відносній вологості повітря 70 % середнє значення видимості дорівнює 7 км, при відносній вологості 80 % - приблизно 3 км, а при відносній вологості 90 % - майже 2 км.

Видимість також залежить від висоти хмар і швидкості вітру в приземному шарі. При висоті хмар 100 м видимість біля поверхні землі в світлу частину доби в 80 % випадків не перевищує 4 км. Зі збільшенням швидкості поліпшуються умови видимості. Видимість до 2 км частіше за все спостерігається при швидкості вітру менше 5 м·с⁻¹.

В умовах невеликої вологості повітря помутніння атмосфери виникає за рахунок завислих частинок пилу або серпанку. Ці явища відбуваються над посушливими районами при сухоадіабатичній стратифікації атмосфери і добре розвинутій термічній конвекції. Аналогічним чином переноситься дим міст та промислових підприємств.

Видимість біля поверхні землі також залежить від характеру повітряної маси. В нестійких повітряних масах - добра видимість біля поверхні землі, погана - на висотах. В стійких повітряних масах, де турбулентне перемішування розвинуте слабо, видимість біля поверхні землі гірша, ніж на висотах. Погіршення видимості в нестійких і стійких повітряних масах може спостерігатися на різних висотах під затримуючими шарами (інверсія, ізотермія, тропопауза).

Прогноз видимості в тумані та серпанку

Видимість в серпанку та тумані змінюється в значних межах і залежить від кількості та розміру завислих частинок, що знаходяться в одиниці об'єму, тобто від водності туману. Якщо припустити, що туман складається з краплин одного розміру радіуса r , то видимість в тумані можна визначити за формулою

$$S_M = 2,3 \cdot 10^4 \cdot \frac{r}{q}, \quad (15.1)$$

де r - радіус крапель в тумані, см; q - водність туману, г/м^3 . Якщо в формулу (15.1) підставити середнє значення радіусу крапель в тумані $r = 5 \cdot 10^{-4}$, то отримаємо вираз $S_M = 11,5/q$. На рис. 15.1 показана залежність видимості в тумані від його водності, що отримана для районів України. З графіку видно, що водність туману значно збільшується з підвищенням температури повітря; таким чином, в туманах при високій температурі видимість менша, ніж в туманах при низькій температурі.

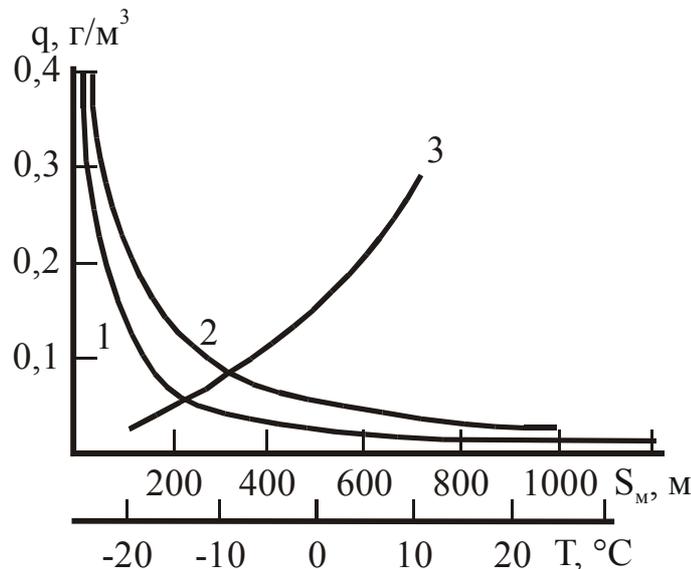


Рис 15.1 - Залежність метеорологічної видимості в тумані від його водності:

1 - за експериментальними даними, 2 - розрахункові,
3 - залежність водності туману від температури.

Для прогнозу видимості в тумані може бути використана інша величина - нічне зниження температури повітря, тобто мінімальна температура - T_{\min} . За значенням температури точки роси T_d о 18...19 год і прогностичною температурою повітря визначається величина, яка характеризує охолодження повітря нижче точки роси. Потім за номограмою (рис. 15.2) знаходять видимість в тумані.

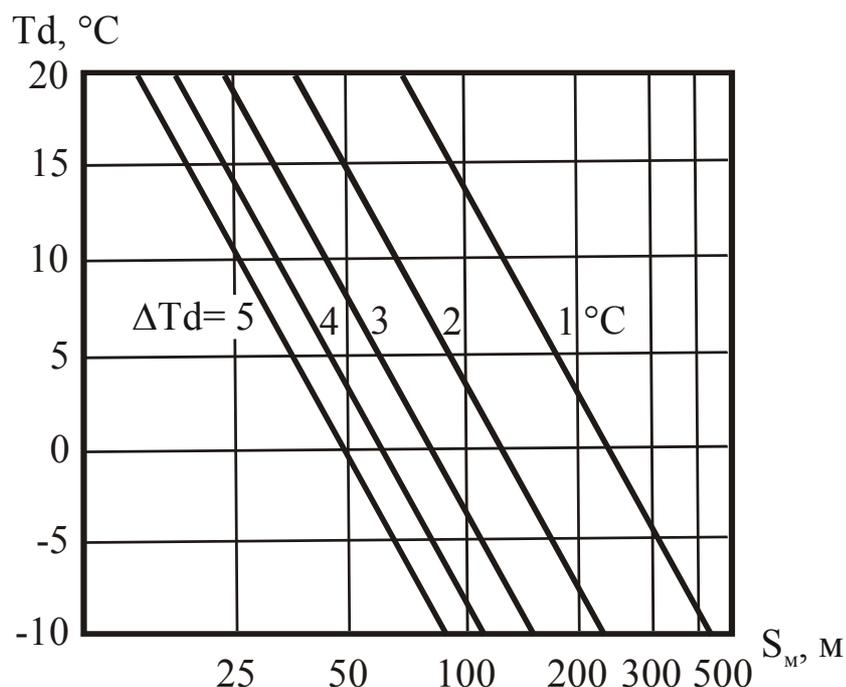


Рис. 15.2 - Номограма для визначення мінімальної метеорологічної видимості в тумані за точкою роси (T_d) та її зниженням протягом ночі ΔT_d (похилі лінії).

В авіаційній практиці необхідно знати, як змінюється видимість в тумані з висотою. Про закономірність її зміни можна зробити висновки з табл. 15.1.

Таблиця 15.1 - Середній вертикальний розподіл вологості ($г/м^3$) в різних видах туману (за спостереженнями в Україні)

Вид туману	Висота, м								
	0	50	100	150	200	250	300	400	500
Адвективний і фронтальний	0,08	0,10	0,12	0,23	0,28	0,32	0,38	0,51	0,46
Радіаційний	0,24	0,20	0,15	0,11	0,10	0,10	0,10	—	—

В адвективних і фронтальних туманах, як і в шаруватих хмарах, вологість збільшується з висотою і досягає максимальних значень поблизу їх верхньої межі. Горизонтальна видимість в цих туманах зменшується з висотою. В радіаційних туманах найгірша видимість в самому нижньому шарі повітря. В туманах охолодження мінімальна видимість перед сходом сонця, тобто, коли температура повітря мінімальна.

Експериментально встановлено зв'язок між метеорологічною видимістю S_M і вертикальною видимістю S_V , яка наведена на рис. 15.3.

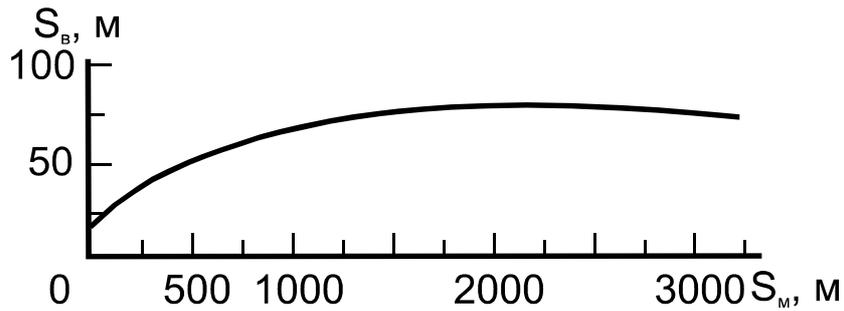


Рис. 15.3 - Графік залежності метеорологічної (S_M) і вертикальної видимості (S_B) при тумані (серпанку).

Прогноз видимості в опадах

Прозорість атмосфери і видимість залежать від інтенсивності опадів. Кореляційний зв'язок цих характеристик наведено на рис. 15.4. До прогнозу видимості в дощі можна приступати при наявності чисельного прогнозу кількості опадів за певний проміжок часу.

При наявності даних про інтенсивність дощу метеорологічну дальність видимості можна розрахувати за формулою

$$S_M = 13,6 J_d^{-0,71},$$

де J_d - інтенсивність дощу, мм·год⁻¹.

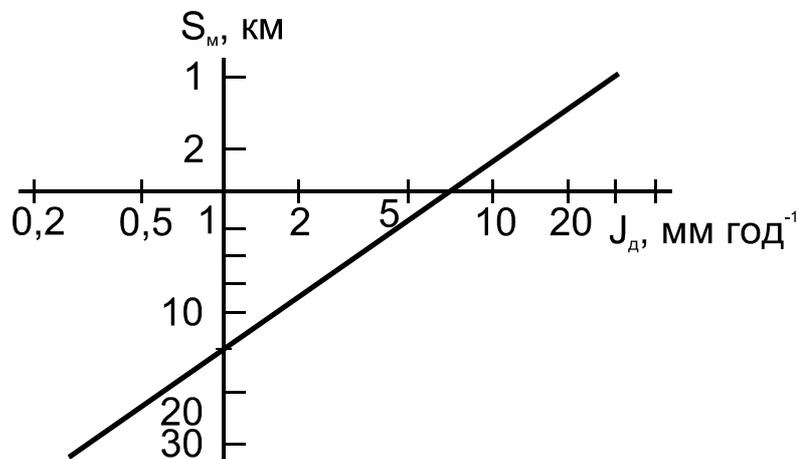


Рис. 15.4 - Залежність метеорологічної видимості S_M від інтенсивності дощу.

Облогові дощі в середньому погіршують видимість до 4...6 км, а іноді до 1...2 км. Видимість в зливових дощах зазвичай погіршується до 1...2 км, в окремих випадках до декількох сотень або навіть десятків метрів.

При випадінні снігу також погіршується видимість. Це погіршення цілком залежить від інтенсивності снігопаду. Коли складено прогноз інтенсивності снігопаду, для визначення видимості в ньому при слабкому вітрі можна використовувати графік (рис. 15.5). Сильний вітер є додатковим фактором погіршення видимості при снігопаді. Наглядно це демонструє рис. 15.6.

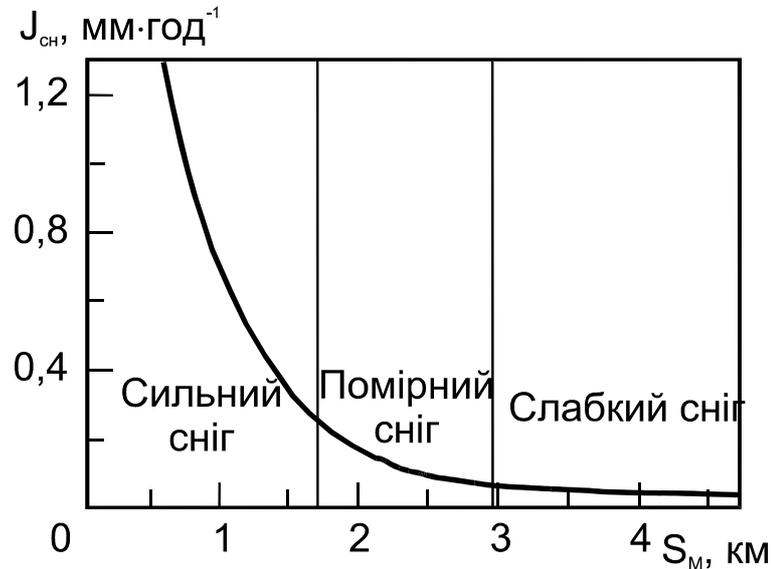


Рис. 15.5 - Залежність метеорологічної видимості від інтенсивності снігопаду при слабкому вітрі.

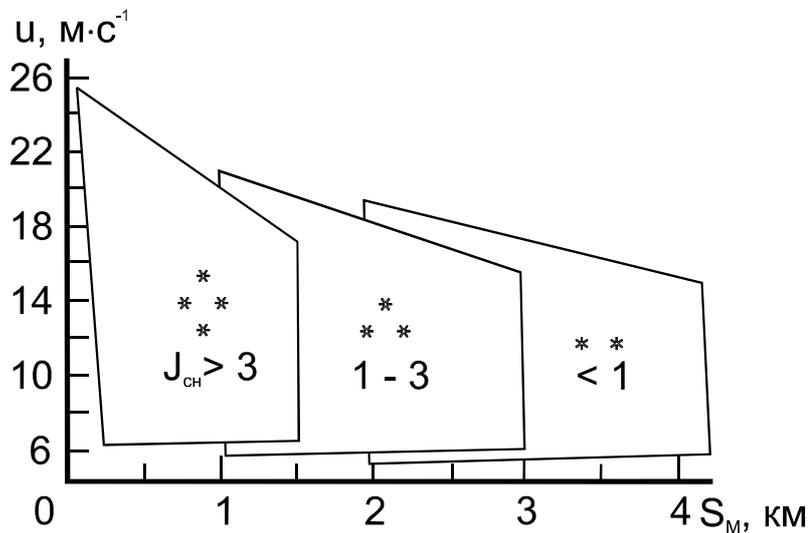


Рис. 15.6 - Залежність метеорологічної видимості від інтенсивності снігопаду J_{CH} (мм/12 год) при сильному вітрі.

Видимість залежить від швидкості вітру і змінюється при слабкому снігу від 2 до 4 км, при помірному – від 1 до 3 км і при сильному снігу – від декількох сотень або десятків метрів до 1,5 км.

Прогноз видимості в хуртовинах

При прогнозі видимості в хуртовинах необхідно враховувати вид хуртовини, її інтенсивність, яка залежить від швидкості вітру і стану снігового покриву. На рис. 15.7 наведено залежність видимості від швидкості вітру при низовій хуртовині та поземку.

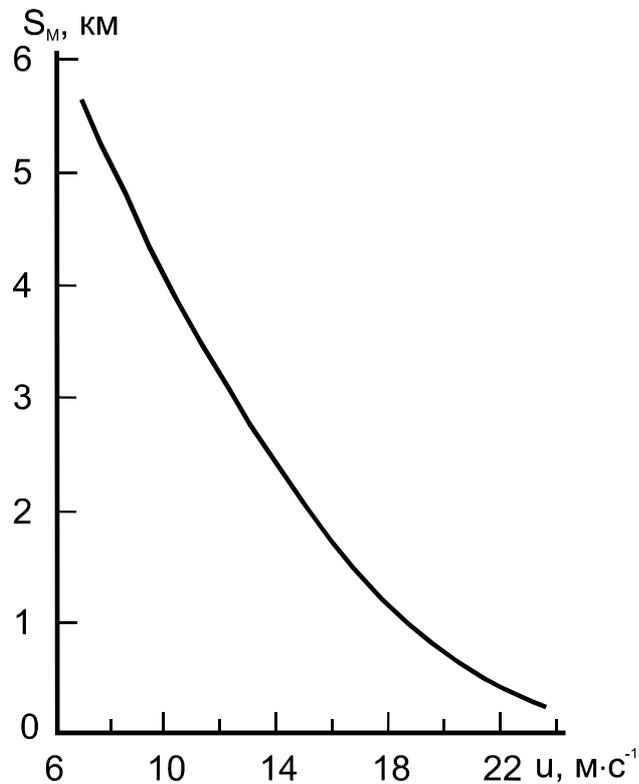


Рис. 15.7 - Залежність метеорологічної видимості від швидкості вітру при низовій хуртовині та поземку для України.

Прогноз видимості при пилових бурях

При пилових і піщаних бурях погіршення видимості може бути до декількох сотень метрів і менше. Прогноз пилових бур, по суті, зводиться до прогнозу сильного вітру з урахуванням характеру і стану підстильної поверхні.

Пилові бурі можуть спостерігатися при проходженні холодних фронтів, особливо холодних фронтів другого роду. Також вони можуть виникати і в однорідній повітряній масі, в тих випадках, коли біля поверхні землі створюються великі горизонтальні баричні градієнти, які обумовлюють сильні вітри, що спостерігається частіше за все на периферіях антициклонів.

Для прогнозу видимості в пилових бурях можна побудувати емпіричні графіки імовірності, за допомогою яких по значеннях горизонтальних баричних градієнтів визначається імовірність видимості в пиловій бурі до 500 м і менше (рис. 15.8).

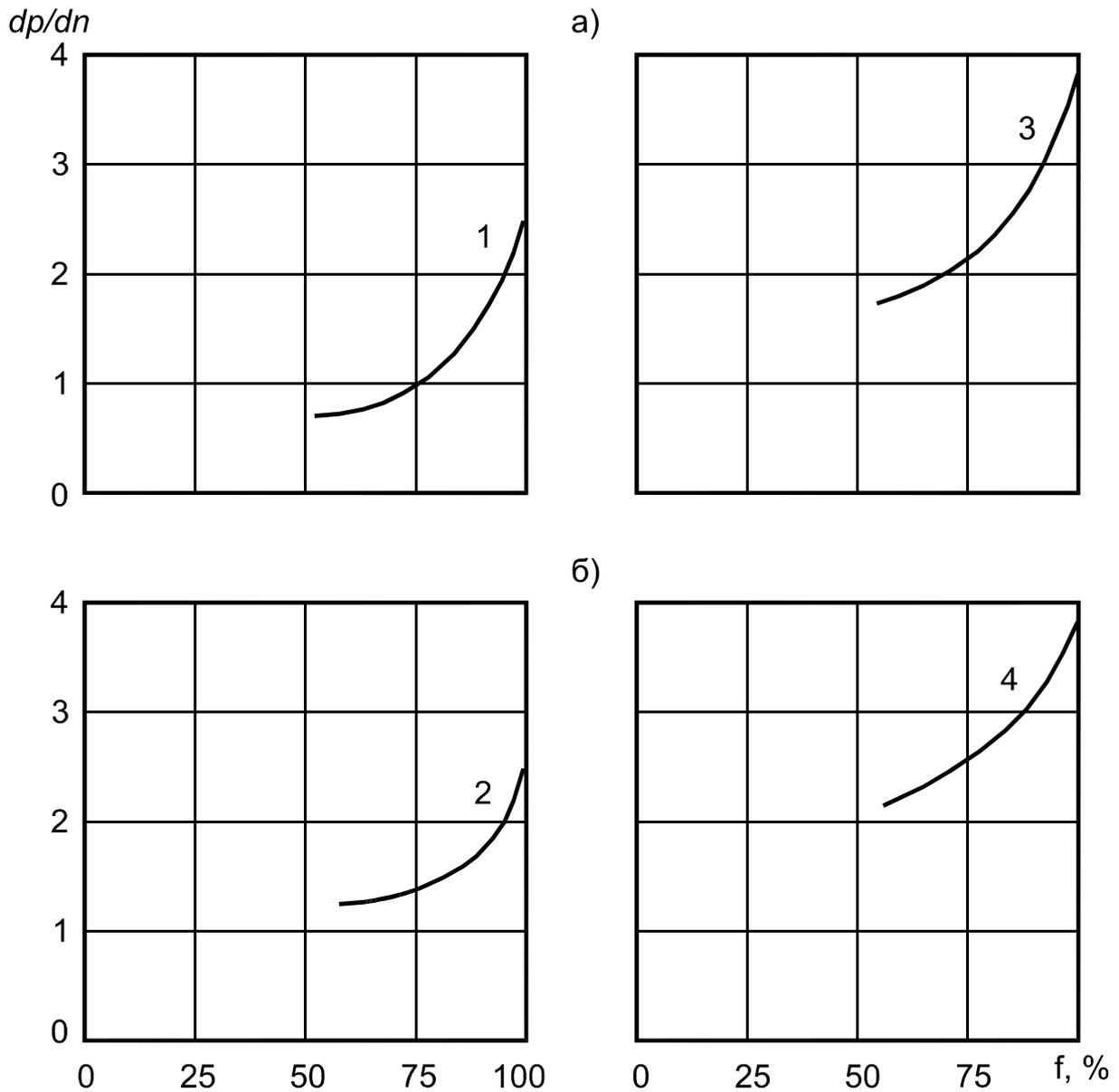


Рис. 15.8 – Емпіричні графіки для оцінки імовірності зменшення видимості до 500 м і менше при пилових бурях:
 а) – тепле півріччя; б) – холодне півріччя; 1, 2 – південні; 3, 4 – північні райони; $\frac{\partial p}{\partial n}$ - горизонтальний баричний градієнт (гПа/100 км); f – імовірність, %.

Контрольні запитання

1. Що таке метеорологічна дальність видимості?
2. Які причини призводять до погіршення метеорологічної дальності видимості?
3. Від чого залежить дальність видимості в тумані, опадах, хуртовинах, пилових бурях? Які існують методи прогнозу видимості при цих метеорологічних явищах?

Вихідні матеріали

1. Карти Навчального авіаційного метеорологічного атласу.
2. Складені раніше прогнози туману, хуртовини, дощу, снігопаду або пилової бурі.

Рекомендована література

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология.- СПб.: Гидрометеоздат, 1992. - 347 с.
2. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеоздат, 1985. - С. 67 - 71.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. - Л.: Гидрометеоздат, 1985. - С. 203 - 213.

Завдання

1. За даними Навчального авіаційного метеорологічного атласу визначити синоптичні і метеорологічні умови, що приводять до формування туману, хуртовини, дощу, снігопаду, пилової бурі.
2. Скласти прогноз цих явищ.
3. Скласти прогноз метеорологічної дальності видимості в тумані, хуртовині, дощі, снігопаді, пиловій бурі, під низькими шаруватими хмарами.

Звітні матеріали

1. Опис синоптичного положення (в робочому зошиті).
2. Текст прогнозу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16

ПРОГНОЗ ЗОН МОЖЛИВОГО УРАЖЕННЯ ЛІТАКІВ ЕЛЕКТРИЧНИМИ РОЗРЯДАМИ В ШАРУВАТИХ ХМАРАХ І ОПАДАХ

Мета роботи: ознайомитися з механізмом виникнення небезпечних електричних зон в шаруватих хмарах і опадах, вивчити методи прогнозу небезпечних електричних зон в шарувато-дощових хмарах та опадах.

Атмосфера має електричні властивості. Оскільки частинки повітря, краплі сконденсованої вологи, частинки опадів, кристалики льоду мають електричний заряд, то літаки в польоті електризуються. Ця електризація виявляється в основному під час польотів в хмарах і опадах.

Електризація літака - це складний і неоднорідний процес, оскільки при польоті літак набуває заряду і позбувається його. На електризацію літака впливає мікроструктура хмар:

- в кристалічних хмарах інтенсивність зарядження літака вища, ніж в хмарах, які складаються з крапель;
- чим більша водність хмари, тим інтенсивність зарядження літака вище.

Особливо небезпечні купчасті, купчасто-дощові, щільні шарувато-дощові хмари; шари цих хмар між ізотермами від 0 до -15 °С.

З іншого боку, на електризацію літака істотно впливають конструктивні особливості, розмір, аеродинамічні властивості літака. Велика роль також швидкості літака - реактивні швидкісні літаки більше електризуються, ніж літаки з поршневіми двигунами.

У тропосфері під впливом природної радіоактивності Землі, запыленості, наявності різних аерозолів завжди є позитивно і негативно заряджені частинки у вигляді легких і важких іонів. У разі ясної, малохмарної погоди кількість заряджених частинок, потенціал і напруженість електричного поля в нижній тропосфері, як показали дослідження, невеликі і убувають від поверхні землі з висотою по експоненціальному закону. Тому в умовах ясної погоди літаки, що виконують польоти, заряджаються дуже слабо, оскільки зустрічаються з порівняно невеликою кількістю заряджених частинок. Крім того, заряджені частинки одного знаку в значній мірі нейтралізують на поверхні ПС заряди протилежного знаку. Тому статична електризація літака при польоті в умовах ясної погоди невелика.

За наявності хмар картина різко міняється. Дослідження, проведені І. М. Імянітовим та іншими, показали, що при утворенні хмарності різних форм і опадів виникає велика кількість як позитивно, так і негативно заряджених частинок. Згідно даних цих досліджень, кількість заряджених

частинок і знаки їх зарядів залежать від мікроструктури хмарності (кількості, розміру і форми частинок), їх фазового стану (рідкий, твердий або змішаний), температури повітря, турбулентності, стратифікації атмосфери, водності хмар та від багатьох інших умов і чинників. Так, при конденсації і сублімації водяної пари в атмосфері виникає багато нових елементарних електричних зарядів, кількість і знак яких залежать від температури повітря і фазового стану хмар та опадів. Крижані кристали і сніжинки заряджені переважно негативно, а крапельки хмар і дощу - частіше позитивно. Турбулентність в хмарах виконує двояку роль: зіткнення хмарних елементів і їх дроблення звичайно приводять до збільшення числа елементарних електричних зарядів; якщо ж частинки хмари, що вдаряються, мають протилежні знаки, відбувається їх нейтралізація.

У шарувато-подібних хмарах типу St (без опадів) елементарні електричні заряди розташовуються, як правило, хаотично по всьому об'єму хмарності. Сумарний електричний заряд в шарувато-подібній хмарності типу St звичайно невеликий, причому буває як позитивним, так і негативним. Невеликі також потенціал і напруженість електричного поля: вимірювання показали, що вони складають частіш за все десятки, рідко сотні одиниць. Літаки в цих хмарах в більшості випадків заряджуються слабо (як за рахунок придбання заряду цих хмар, так і за рахунок електризації при зіткненні з рідкими і твердими елементами хмарності). Оскільки заряд, потенціал і напруженість електричного поля невеликі, то і уражень ПС в шарувато-подібній хмарності типу St не відмічалось.

Абсолютно інше положення створюється в хмарах Ns-As, коли з них починають випадати опади. Розміри крапель і сніжинок на декілька порядків більші, ніж хмарних елементів (діаметри крапель і сніжинок складають звичайно декілька міліметрів, тоді як діаметри хмарних елементів — тисячні частки міліметра).

Великі частинки опадів несуть в більшості випадків заряд одного знаку (звично позитивний), а дрібні частинки (елементи хмарності) - протилежного знаку. Тому разом з великими частинками опадів вниз йдуть заряди одного знаку, а у верхній частині хмарного шару залишаються заряди протилежного знаку. Чим інтенсивніші і триваліші опади, тим більш інтенсивний і тривалий процес розділення зарядів і утворення об'ємних зарядів різних знаків у верхній і нижній частинах хмарного шару (а іноді і в середній частині шару хмар), тим більші потенціали і напруженість електричного поля виникають між ними.

У ряді досліджень показано, що в хмарах Ns-As і опадах електричні характеристики складають звичайно сотні, іноді — тисячі одиниць, а в окремих випадках можуть досягати десятків і навіть сотень тисяч одиниць.

Розглянемо механізм електризації і ураження ПС в хмарах Ns-As і опадах. При зниженні і заході на посадку в шарувато-дощовій хмарності з опадами на висоті 3...4 км ПС зразу ж одержує електричний заряд, подібний тому, який має місце у верхній частині хмарного масиву Ns-As. У середній частині шару хмар літак потрапляє в зону опадів, спочатку у вигляді снігу, а потім снігу з дощем і переохолодженого дощу при невеликих мінусових температурах.

При зіткненні навіть нейтральних (незаряджених) крапельок або сніжинок і частинок хмарності з лобовою (передньою) частиною ПС на літаку виникає велика кількість нових елементарних електричних зарядів. Літак заряджується тим сильніше, чим більше частинок з ним стикається, чим більші швидкість польоту і сила удару крапельок і сніжинок об поверхню ПС і чим більший поперечний перетин повітряного судна.

При дробленні крапельок виникає у декілька разів більше елементарних електричних зарядів, ніж спочатку несла кожна крапля дощу. При дробленні сніжинок об передню частину корпусу літака, його крил і хвостового оперення виникає ще більше нових елементарних електричних зарядів, значна частина яких має знак, протилежний заряду сніжинки. Більша частина цих нових елементарних електричних зарядів осідає на лобовій поверхні ПС, в основному на пластмасовому обтічнику антени бортового радіолокатора (РЛС) і на пластмасовому обтічнику бортової радіостанції (РС), встановленої на вершині кіля. Оскільки пластмаса є діелектриком і не проводить електрику, одержуваний заряд не розтікається по металевому корпусу всього літака, а залишається на обтічниках РЛС і РС. З цієї причини заряд, потенціал і напруженість електричного поля особливо швидко та інтенсивно зростають саме на пластмасових обтічниках антен бортових РЛС і РС, а також на кінцях крил і загострених деталях, і частинах літака. Тому саме в ці деталі і частини ПС найчастіше відбувається іскровий електричний розряд в шарувато-подібній хмарності і опадах.

Значний внесок в електризацію літака вносять також обледеніння і бовтанка (турбулентність). В результаті дії вказаних вище чинників окремі деталі та частини конструкції літака і літак в цілому швидко накопичують великий електричний заряд. При подальшому зниженні, коли літак потрапить в нижню половину хмарного шару Ns-As (де внаслідок випадіння опадів розташовується об'ємний електричний заряд протилежного знаку до заряду літака), відбувається різке збільшення потенціалу і напруженості електричного поля. Напруга електричного поля в цих випадках може досягти критичного значення, між літаком і частиною шарувато-дощової хмарності, зарядженої протилежно, виникає іскровий електричний розряд.

Аналогічне положення маємо при наборі висоти літаком в хмарах Ns-As і опадах. Так, зразу ж після зльоту, при наборі висоти під

хмарами в зоні опадів, літак одержує великий заряд, внаслідок дії вказаних вище чинників. Незабаром після входу в шарувато-дощові хмари літак зустрічає електричну зону, що має протилежний заряд. При вході в зону різко зростає напруженість електричного поля між ПС і зарядом протилежного знаку в хмарах. Якщо напруженість електричного поля досягне критичних значень, то між літаком і хмарністю виникає електричний заряд.

Підвищене ураження ПС спостерігається в хмарах Ns-As і опадах поблизу грозових хмар. Викликане воно, як правило, двома причинами:

1. Грозові хмари наводять на ПС, що пролітає поблизу, індуктивний заряд. Цей заряд, підсумовуючись із зарядом статистичної електрики, придбаної літаком при польоті в шарувато-подібній хмарності і опадах, підвищує заряд і потенціал ПС, а також збільшує напруженість електричного поля навколо нього до такого критичного значення, коли між літаком, з однієї сторони, і електричною неоднорідністю протилежного знаку в шарувато-дощовій хмарності - з іншої, може відбутися електричний розряд.

2. Встановлено, що в грозовій хмарі середніх розмірів за 5 хв відбувається до 200 розрядів блискавок, а за 1 год – до 800 розрядів. У момент розряду виникає потужний електромагнітний імпульс. Коли літак перетинає силові лінії електромагнітного імпульсу, на ньому, як в обмотці ротора динамомашини, виникає електричний струм. Цей струм створює на літаку додатковий електричний заряд, підвищується потенціал і напруженість електричного поля навколо ПС. В результаті, як і в першому випадку, між літаком і електричною зоною протилежного знаку в хмарах Ns-As відбувається невеликий електричний розряд. Ураження літака тим більше, чим ближче і потужніше грозова хмара.

Для ураження літака електричними розрядами в шаруватих хмарах і опадах найбільш сприятливі такі метеорологічні і синоптичні умови:

- активні циклони, баричні улоговини і фронти біля поверхні землі і на висотах при наявності в них хмар As-Ns в кількості 7...10 балів з опадами або без них;

- малорухомі циклони, в яких тиск зростає, баричні улоговини з розмитими фронтами, з хмарами Ns-As в кількості 7...10 балів з опадами або без них;

- малоградієнтні області пониженого тиску з розмитими фронтами, з хмарами Ns-As в кількості 7...10 балів з опадами або без них;

- передні частини баричних і термічних улоговин на картах АТ-850, АТ-700, АТ-500 гПа з малими дефіцитами точки роси, відповідно 2, 3 і 4 °С;

- обледеніння та бовтанка в хмарах;

- наявність в районі аеропорту вильоту (посадки) і в зоні набору висоти (зниження) крім хмар Ns-As окремих грозових хмар на відстані від кількох до 30...40 км від траси (маршруту) польоту.

Несприятливі умови для ураження літаків електричними розрядами такі:

- антициклони і баричні гребені;
- тиллові частини баричних улоговин на картах АТ-850, АТ-700, АТ-500 гПа і улоговин холоду на карті ВТ-500/1000;
- хмарність будь-яких форм менше 5 балів (за винятком грозових хмар, які слід обходити на безпечній відстані).

Для прогнозу небезпечних електричних зон в шарувато-дошових хмарах і опадах отримані дискримінантні функції окремо для різних видів стратифікації атмосфери.

Для випадків стійкої стратифікації дискримінантна функція має вигляд

$$L_1 = 5,75 \gamma_{850}^{700} - 0,11T_{500} - 2,83, \quad (16.1)$$

де γ_{850}^{700} - вертикальний градієнт температури повітря в шарі від 850 до 700 гПа в $^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$; T_{500} - значення температури повітря на рівні 500 гПа в $^{\circ}\text{C}$. При значенні $L_1 \geq 0$ і за сприятливих синоптичних умов слід прогнозувати ураження літаків електричними зарядами в шаруватих хмарах і опадах. При значеннях $L_1 < 0$ - ураження не прогнозується. Для простоти розрахунків за дискримінантною функцією L_1 використовується графік (рис 16.1).

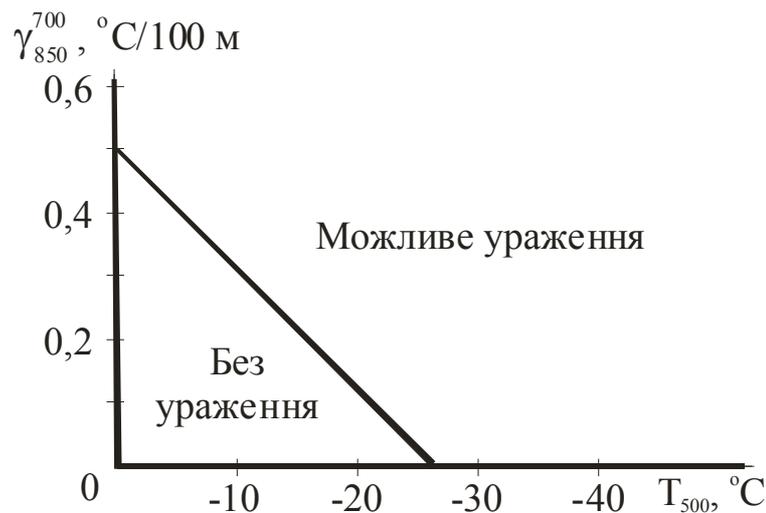


Рис. 16.1 – Графік для прогнозу зон можливого ураження літаків електричними розрядами в шарувато-подібних хмарах і опадах при стійкій стратифікації атмосфери.

Для виявлення зон можливого ураження літаків електричними розрядами при нестійкій стратифікації атмосфери використовується функція

$$L_2 = 12,4 \gamma_{850}^{500} - 0,046\theta_{700} + 12,52, \quad (16.2)$$

де γ_{850}^{500} - вертикальний градієнт температури в шарі від 850 до 500 гПа в $^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$; θ_{700} - значення псевдопотенціальної температури в кельвінах на рівні 700 гПа. При $L_2 \geq 0$ слід прогнозувати ураження літаків електричними розрядами в шарувато-дощових хмарах і опадах. При $L_2 < 0$ - ураження не прогнозується. За допомогою функції (16.2) побудований графік (рис. 16.2).

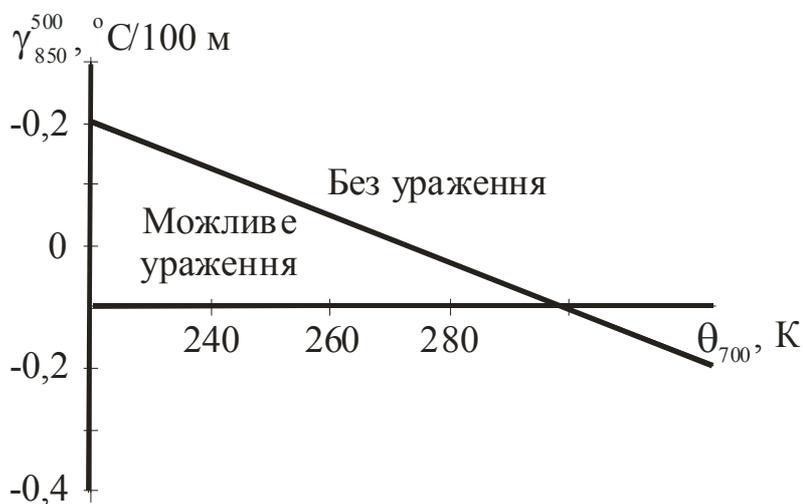


Рис.16.2 – Графік для прогнозу небезпечних електричних зон в шарувато-подібних хмарах та опадах при нестійкій стратифікації атмосфери.

Дискримінантна функція для ураження літаків електричними розрядами в шарувато-дощових хмарах і опадах при байдужій стратифікації атмосфери має вид

$$L_3 = 0,38\theta_{700} + 1,5H_{-5} - 104,19, \quad (16.3)$$

де θ_{700} - значення псевдопотенціальної температури в кельвінах на рівні 700 гПа, H_{-5} - висота в км ізотерми -5°C . При $L_3 \geq 0$ слід прогнозувати ураження літаків електричними розрядами в шарувато-дощових хмарах і опадах. При $L_3 < 0$ - ураження не прогнозується. За дискримінантною функцією L_3 побудований графік (рис. 16.3).



Рис.16.3 – Графік для прогнозу небезпечних електричних зон в шарувато-подібних хмарах та опадах при байдужій стратифікації атмосфери.

Розрахунки за дискримінантними функціями можуть виконуватися на період від 6 до 36 год. Для цього проводиться аналіз поточної і прогноз очікуваної синоптичної і метеорологічної ситуації та погоди по району аеропорту вильоту (посадки), а також в зоні набору висоти (або зниження). В разі відсутності сприятливих для ураження ПС умов подальші розрахунки не проводяться. Якщо ж очікуються сприятливі для ураження ПС синоптичні і метеорологічні умови, то переходять до розрахунків величин, що входять в дискримінантні функції.

Для цього розраховуються прогностичні значення температури T і точки роси T_d біля поверхні землі та на ізобаричних поверхнях 850, 700, і 500 гПа в районі вильоту або посадки.

Для прогнозу на найближчі 3...6 год при ситуації, що мало змінюється, в якості вихідних значень температури і точки роси на рівнях 850, 700, 500 гПа можна брати дані радіозондування в пункті прогнозу давністю не більше 3 год. Для прогнозу небезпечних електричних зон в шарувато подібній хмарності і опадах на строк більше 6 год або ж при очікуваній зміні синоптичної і метеорологічної ситуації (при проходженні циклонів, баричних улоговин і пов'язаних з ними фронтів) слід розраховувати прогностичні значення T і T_d біля поверхні землі та на рівнях 850, 700, 500 гПа.

За значеннями прогностичних T і T_d біля поверхні землі знаходять рівень конденсації, від нього проводять криву стану і визначають стратифікацію атмосфери. В залежності від виду стратифікації обирають відповідну дискримінантну функцію, знаходять значення параметрів і виконують розрахунки можливості ураження літаків електричними розрядами.

Контрольні запитання

1. Як відбувається статична електризація літака при польотах в умовах ясної погоди?
2. Чи є відмінності в статичній електризації літака в шарувато-подібних хмарах по типу St (без опадів) та Ns-As, із яких випадають опади?
3. В чому полягає механізм ураження літаків електричними розрядами?
4. Який вклад в електризацію літака вносять обледеніння та бовтанка?
5. Охарактеризуйте метеорологічні умови ураження літаків електричними розрядами в шарувато-подібній хмарності та опадах.
6. Чим обумовлене підвищене ураження ПС в хмарах Ns-As і опадах поблизу грозових хмар?
7. Які синоптичні умови найбільш сприятливі для ураження ПС електричними розрядами в хмарності шаруватих форм та опадах?
8. Які умови несприятливі для ураження літаків електричними розрядами?
9. Як враховується вплив типу стратифікації атмосфери на можливість ураження ПС електричними розрядами в шарувато-дощовій хмарності та опадах?

Вихідні матеріали

1. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери.
2. Бланк аерологічної діаграми.
3. Карти Навчального авіаційного метеорологічного атласу.

Рекомендована література

1. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 232 с.
2. Имянитов И.М. Электризация самолетов в облаках и осадках. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 212 с.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации //Под ред. Абрамович К.Г., Васильева А.А. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 301 с.

Завдання

1. За даними Навчального авіаційного метеорологічного атласу визначити синоптичні і метеорологічні умови, що сприяють ураженню літаків електричними розрядами (за вказівкою викладача).
2. За даними температурно-вітрового зондування атмосфери скласти прогноз ураження літаків електричними розрядами (за вказівкою викладача).

Звітні матеріали

1. Аналіз синоптичних і метеорологічних умов (в зошиті).
2. Прогностичні значення температури і точки роси біля поверхні землі та на рівнях 850, 700, і 500 гПа (в таблиці).
3. Аерологічна діаграма, побудована з урахуванням наведених в таблиці даних, з обґрунтуванням можливості ураження ПС статичною електрикою.

ПРОГНОЗЫ ПОГОДЫ ПО АЭРОДРОМАМ

АМСГ – ОДЕССА

Дата: 30.08.2005

SA UKBB 300700Z VRB01MPS 5000 HZ NSC 22/16 Q1025 NOSIC =
FC UKBB 300435Z 300615 29005MPS CAVOK TEMPO 0608 4000 BR
SCT005 =

FT UKBB 300340Z 300606 28005MPS CAVOK BECMG 2022 6000
NSC TEMPO 0006 2000 BR =

SA UKKK 300700Z 00000MPS CAVOK 22/16 Q1025 NOSIG=
FC UKKK 300437Z 300615 VRB02MPS 9999 SCT040=
FT UKKK nil=

SA UKDD 300700Z 04006MPS CAVOK 23/15 Q1022 NOSIG=
FC UKDD 300445Z 300615 36006G11MPS 9999 FEW030CB SCT100
TX26/12Z TN18/06Z=
FT UKDD 300340Z 300606 01005G10MPS 999 SCT030CB PROB40
TEMPO 1221 2100 –TSRA

SA UKDE 300700Z 33005MPS CAVOK 23/13 Q1021 NOSIG=
FC UKDE 300440Z 300615 34005MPS 9999 SCT040CB TX27/10Z
TN22/07Z=
FT UKDE nil=

SA UKDR 300700Z 03007MPS CAVOG 23/14 Q1022 NOSIG=
FC UKDR 300440Z 300615 35005G10MPS 9999 SCT030CB TX28/13Z
TN18/06Z=
FT UKDR 300340Z 300606 35005MPS 9999 SCT030CB=

SA UKFF 300700Z 33003MPS 280V030 CAVOG 25/14 Q1021 NOSIG=
FC UKFF 300440Z 300615 06006G11MPS 9999 SCT020CB TX30/12Z
TN16/03Z=
FT UKFF 300340Z 300606 06006G11MPS 9999 SCT020CB FM1700
08006MPS 3000 BR FU SCT020CB=

ПРОГНОЗЫ ПОГОДЫ ПО АЭРОДРОМАМ

АМСГ – КИЕВ

Дата: 24.08.2005

Время: 06 : 23 UTC

UKBB 240435Z 240615 08003MPS 999 SCT030 FM0800 08007MPS 9999 SCT030
TX27/11Z TN16/06Z=

UKKK 240443Z 240615 10006MPS 9999 SCT040 T27/13Z TN17/06Z=

UKDR 240440Z 240615 07005G10MPS CAVOK TX28/13Z TN16/06Z=

UKCC 240430Z 240615 07007MPS CAVOK TX29/12Z TN22/06Z=

UKCW 240440Z 240615 08007MPS CAVOK TEMPO 1215 SCT030 TX29/12Z
TN16/06Z=

UKHH 240445Z 240615 08004MPS 9999 BKN020 TEMPO 0815 SCT026CB
TX28/12Z TN20/06Z=

UKDD 240445Z 240615 09006MPS 9999 SCT030 TX29/12Z TN22/06Z=

UKDE 240440Z 240615 08007G12MPS CAVOK TX30/12Z TN22/06Z=

UKCM 240445Z 240615 08005MPS 9999 SCT030 TEMPO 0915 11006G11MPS
TX28/12Z TN21/06Z=

UKFF 240440Z 240615 23006G11MPS 9999 SCT020CB TEMPO 0915
-TSRA TX32/12Z TN23/06Z=

UKOO 240435Z 240615 10006MPS 9999 SCT010 SCT020CB PROB40 TEMPO
0712 1000 TSRA VV003=

UKON 240445Z 240615 08005G10MPS 9999 BKN020CB PROB40 TEMPO 0615
3000 -TSRA TX28/12Z TN16/06Z=

UKLL 240612Z 240615 VRB02MPS 9999 BKN030 TEMPO 0609 3000 -TSRA
BKN020CB TEMPO 0915 3000 -TSRA 0915 3000 -TSRA BKN008 BKN020CB=

UKLI 240440Z 240615 VRB06MPS 3000 BR BKN020CB TEMPO 0615 1500 TSRA
BKN007=

Додаток Б

АВ – 5

БЮЛЛЕТЕНЬ ПОГОДЫ ДЛЯ ПИЛОТА

Маршрут полета: Одесса-Ильичевск-Южный-Раздельная-Любашовка-Радостное-Одесса

Время вылета: 11.45 Тип самолета: В 930

Фамилия КВС пилота: _____

Фактическая погода и прогноз на аэродроме вылета:

SA UKOO 300730Z 02007MPS CAVOG 24/14 Q1024 NOSIG=
FC UKOO 300735Z 300918 04008MPS 9999 SCT020 SCT030CB TX28/12Z TN23/18Z=

Прогноз погоды по маршруту: от: 11 45 до: 18 00

ПЕРЕДНЯЯ ЧАСТЬ ГРЕБНЯ 020-09 ПОР 15 СЛОЕ 100-500 010/30+14 ВИД 10 ЗНЧ
СК 1500/300 ИЗОЛ КД 5000/600 В ПЕРИОД 11.45 16.00 МЕСТАМИ ПО 1 2 3 Р-АМ
ОДСК МДП И ИЗМ МДЛ 2000 УМРН ЛИВН ДОЖДЬ НУЛЬ 2500 Р МИН 766
UKOI 171050Z 171218 36008G14MPS 9999 BKN010 SCT020CB
ТЕМПО 1216 2100 – SHRA

Прогноз погоды по пункту посадки:
UKOO 300735Z 300918 04008MPS 9999 SCT020 SCT030CB TX28/12Z TN23/18Z=

Прогноз погоды по запасным аэродромам:
UKON 300745Z 300918 36007MPS 9999 BKN020CB TX29/13Z TN25/18Z=

Инженер-синоптик: _____

Командир корабля: _____

Д/АДП: _____

ПРОГНОЗ УСЛОВИЙ ПО МАРШРУТУ ПОЛЕТА

Прогноз погоды по маршруту: Киев – Хмельницький

АМСГ-Киев 24.08.2005 г.

Срок действия (UTC) – от: 09.00 до: 15.00

Прогноз и погода пункта вылета:

METAR UKKK 240800Z 09003MPS CAVOK 24/11 Q1012 NOSIG=
UKKK 240739Z 240918 08006MPS 9999 SCT040 BKN100 T27/12Z
TN13/18Z=

Краткая характеристика синоптической ситуации:

ПОЛЕТ В ЛОЖБИНЕ В КОНЦЕ МАРШРУТА ВЛИЯНИЕ ФРОНТА ОККЛЮЗИИ
СМЕЩ. СЕВЕР СО СКОРОСТЬЮ 20 КМ/Ч

ВЕТЕР И ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА У ЗЕМЛИ: 10005/10 + 27

Ветер температура воздуха по высотам:

500 М: 150 / 20 + 10

400 М: 140 / 20 + 22

300 М: 130 / 20 + 23

200 М: 130 / 20 + 24

100 М: 130 / 20 + 25

ВИД 10 РЗБ КЧ 1000 / 3000 КОНЦЕ МАРШРУТА ВИД 2000 ЛИВН ДОЖДЬ
ГРОЗА ФРОНТАЛЬНАЯ ЗНЧ СЛ 150 / 1000 ЧАСТ КД 600 / 9000

Высота изотермы 0 °С: 4000 м

Минимальное прогнозируемое значение давления QNH: 1011 HPA
(759 MM HG)

Прогнозы погоды по пунктам посадки и запасным:

METAR UKLH 240800Z 15004MPS 9999 SCT033 BKN100 19/12 Q1010
NOSIG=

UKLH 240745Z 240918 12006MPS 9999 BKN009 BKN015CB TEMPO 0915
3000 -TSRA=

METAR UKWW 240800Z 12002MPS 9999 SCT033 OVC100 18/12 Q1010
NOSIG=

UKWW 240745Z 240918 08005G10MPS 9999 BKN030 TEMPO 0918 3000
-TSRA BKN015CB=

Дежурный синоптик _____

ПРОГНОЗ УСЛОВИЙ ПО МАРШРУТУ ПОЛЕТА

Прогноз погоды по маршруту: Киев – Винница

АМСГ-Киев 25.08.2005 г.

Срок действия (UTC) – от: 09.00 до: 15.00

Прогноз и погода пункта вылета:

METAR UKKK 250830Z 09004MPS 9999 SCT015 BKN040 20/17 Q1013
NOSIG=

UKKK 250739Z 250918 10005G10MPS 9999 SCT010 BKN030 TEMPO 0918
VRB14MPS 2000 TSRAGR BKN005 BKN020CB=

Краткая характеристика синоптической ситуации:

ПОЛЕТ В ЛОЖБИНЕ ВЛИЯНИЕ ФРОНТА ОККЛЮЗИИ СМЕЩ. СЕВЕР СО
СКОРОСТЬЮ 20 КМ/Ч

ВЕТЕР И ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА У ЗЕМЛИ: 10005/10 + 23

Ветер температура воздуха по высотам:

500 М: 150 / 20 + 17

400 М: 140 / 20 + 18

300 М: 130 / 20 + 19

200 М: 130 / 20 + 20

100 М: 130 / 20 + 21

ВИД 2000 ЛИВН ДОЖДЬ ГРОЗЫ ФРОНТАЛЬНЫЕ ГРАД УМРН ТУРБ
ПРИ ГРОЗЕ СИЛЬНАЯ В СЛОЕ – 900 М ЗНЧ СЛ 210/1000 ЧАСТ КД
600/9000

Высота изотермы 0 °С: 3200 м

Минимальное прогнозируемое значение давления QNH: 1010 HPA
(758 MM HG)

Прогнозы погоды по пунктам посадки и запасным:

METAR UKWW 250830Z 14004MPS 9999 BKN017CB OVC100 18/16 Q1012
TEMPO -TSRA=

UKWW 250745Z 250918 15006G11MPS 9999 BKN020 TEMPO 0918 3000 -
TSRA BKN010CB=

UKWW 250843Z 16004MPS 9999 TS BKN017CB OVC100 18/16 Q1012
NOSIG

METAR UKLH 250830Z VRB02MPS 9999 FEW023CB SCT023 BKN100 20/16
Q1011 NOSIG=

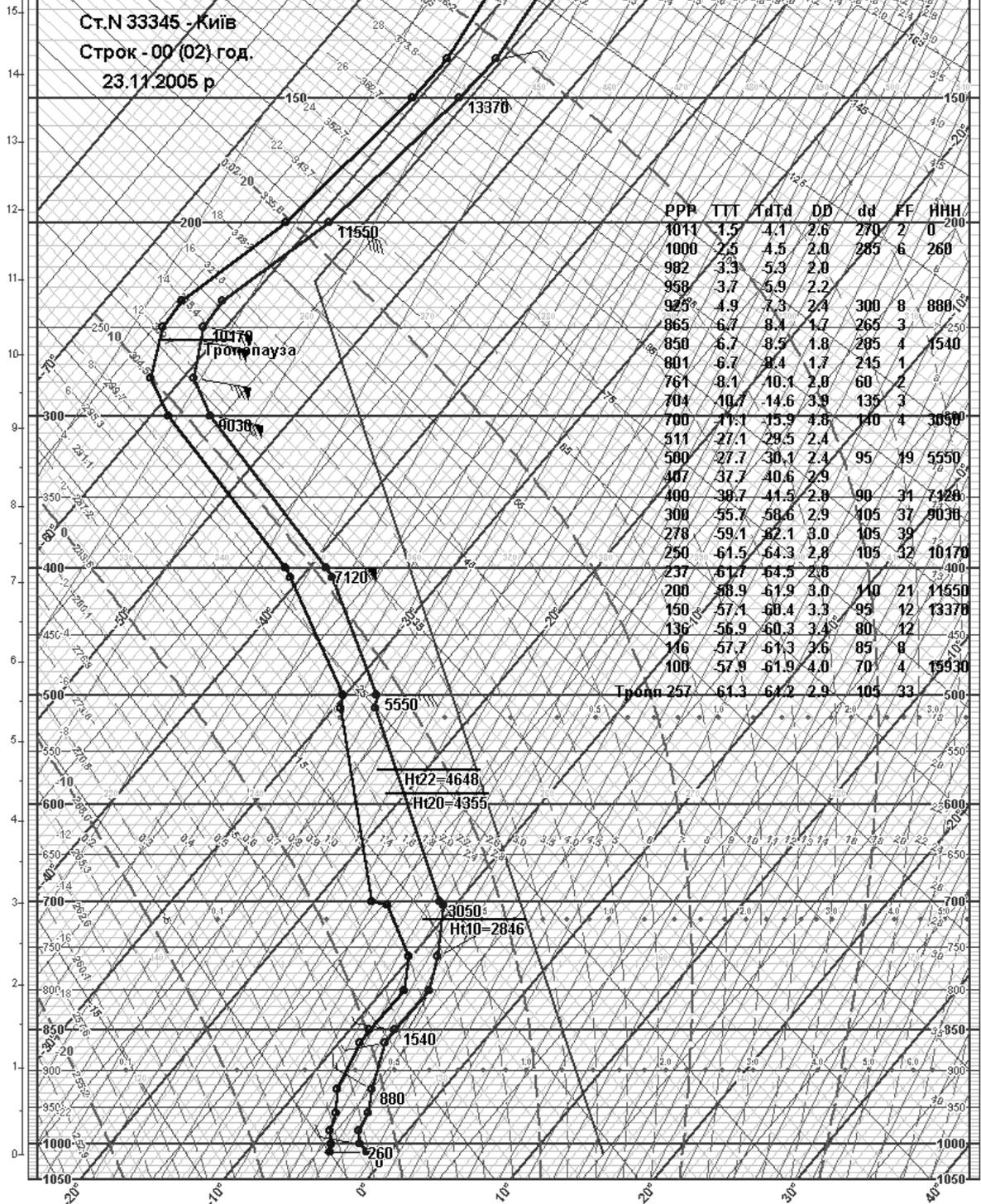
UKLN 250740Z 250918 VRB02MPS 9999 SCT020 SCT020CB TEMPO 0912
3000 -TSRA TEMPO 1218 VRB14MPS 2000 TSRAGR BKN007 BKN020CB=

Дежурный синоптик _____

Додаток Г

Иск.телегр: 23003 33346 00011 01526 11982 03320 22958 03722 38665 06717 44801 06717 55781 15930 66704 10359 77511 27424 88487 37729 99278 49130 11287 61728 55729 10537 25017 61528 10532 20155 58930 11021 15337 57133 09512 10593 57940 07004 88257 61329 10533 77278 10539=

Уточнення: 23003 33346 00011 01526 11982 03320 22958 03722 38665 06717 44801 06717 55781 15930 66704 10359 77511 27424 88487 37729 99278 49130 11287 61728 22136 56934 33116 57736 27212 00011 27002 11008 28004 22934 29509 33911 30506 44865 26503 58843 29004 66822 29002 77801 21501 88784 18001 99761 06002 11723 09003 22704 13503 33686 14504 44601 09009 55497 09519 66326 10053 77278 10539 88219 09531 99202 11022 11172 08517 22147 09511 33136 08012 44116 08508 31333 02703 82330 41414 80221=



ОРНИТОЛОГИЧНИЙ КОД

Додаток Д

1					2				3				4			
1	2	3	4	5	J	J	i	i	3	У	У	Р	А	4	GG	СС
Отличительная группа					Индекс по сетке «Глобус» или порядковый номер				Отличительная цифра	Дата составления телеграмм	Орнитологическая характеристика	Суточная активность птиц	Отличительная цифра	Начало периода	Конец периода	

5				6				7			8		
5	Z	ВВ	М	6	R	КК	T	7	hhh	d	8	ННН	V
Отличительная цифра	Способ наблюдения	Вид птиц	Размер птиц	Отличительная цифра	Величина стай	Количество стай	Продолжит. ежедневных наблюдений	Отличительная цифра	Нижняя граница полетов птиц	Направление перемещения	Отличительная цифра	Верхняя граница полетов птиц	Скорость перемещения

213

Цифра кода	Р	На карте	А	На карте	Р	На карте
0	не установлена	⊙	не установлена	Н/Е	не установлен	Н/У
1	местные полеты		утром	○	отдельные птицы (до 4-х)	О
2	Миграция		вечером	○	малая (5-20 птиц)	М
3	полеты парителей	≈	утром и вечером	○	средняя (21-50 птиц)	С
4	местные полеты и миграции		днем	○	большая (51-100 птиц)	Б
5	местные полеты и парители		ночью	○	очень большая (>100 птиц)	>100
6	миграция и парители		в светлое время суток	○	стая (>1000 птиц)	>1000
7	вылет молодняка	~	в темное время суток	○	малые и средние	МС
8	вылет молодняка и миграция		круглосуточно	●	средние и большие	СБ
9	миграция, парители и местные		полетов птиц не обнаружено	Н/О	всех размеров	В

Продовження додатку Д

Цифра кода	T	На карте	Z	На карте	M	На карте
0	не установлено	0	наблюдений не производились	Н/П	не установлен	Н/У
1	разовое (< 3 мин)	1	визуальные	В	мелкие	●
2	несколько разовых	2	радиолокационные	Р	средние	○
3	от 3 до 5 мин.	3	аэровизуальные	А	крупные	△
4	от 5 до 10 мин.	4	сообщения орнитологов	О	очень крупные	□
5	от 10 до 15 мин.	5	визуальные и радиолокационные	ВР	мелкие и средние	●○
6	от 15 до 30 мин.	6	радиолокационные и аэровизуальные	РА	средние и крупные	○△
7	от 30 до 45 мин.	7	визуальные и аэровизуальные	ВА	крупные и очень крупные	△□
8	от 45 до 60 мин.	8	специальный облет	С	мелкие, средние, крупные	●○△
9	непрерывно	9	все виды наблюдений	ВСЕ	птицы всех размеров	●○△□

Цифра кода	d	На карте	V	На карте
0	не установлено	0	не установлено	
1	север	↑	20	20
2	северо-восток		40	40
3	восток	→	60	60
4	юго-восток		80	80
5	юг	↓	100	100
6	юго-запад		120	120
7	запад	←	140	140
8	северо-запад		160	160
9	в разных направлениях	↕	более 160	>160

ВВ						Продовження додатку Д				
00 не оп- ределен	01 мелкие воробьи- ные 	02 голуби 	03 чайки	04 врано- вые 	05 утки 	06 гуси 	07 около- водне- вые 	08 хищные 	09 ночные 	
10 мелкие воробьи иные 	11 воробей (домовой, полевой) 	12 жаво- ронки 	13 сквор- цы 	14 ласточ- ки, стрижи 	15 дроз- ды 	16 трясо- гузки 	17 вьюр- ковые 	18 овсян- ковые 	19 смешан. стая вороб. 	
20 голуби 	21 сизый, домаш- ний 	22 вяхирь, клин- тух 	23 горли- цы 	24 рябки, сойки 	25 сизово- ронка, удод 	26 шурки 	27 смеш. стая голу- бей 	28 смешан. стая голубей и вороб. 	29 смешан. стая голуб., вранов. 	
30 чайки	31 озерная, сизая	32 мелкие чайки	33 круп- ные чайки	34 крачки	35 крупн. чисти- ки	36 мелкие чисти- ки	37 трубно- носые	38 смешан. стая чаек	39 смешан. чаек и вранов.	
40 врано- вые 	41 ворона 	42 ворон 	43 грач 	44 галка 	45 сойка, сорока 	46 чибис 	47 куро- патки 	48 фазан 	49 смешан. стая вранов. 	
50 утки 	51 речные утки 	52 мор- ские утки 	53 кряква 	54 шило- хвост, свизь 	55 синьга 	56 лысуха 	57 чирки 	58 поганки, гагары 	59 смешан. стая уток 	
60 гуси 	61 гумен- ник 	62 серый 	63 бело- лобый 	64 казарки 	65 бакла- ны 	66 пелика- ны 	67 лебеди 	68 смешан. стая гусей 	69 смешан. стая во- доплав. 	
70 около- водные птицы 	71 мелкие кулики 	72 круп- ные кулики 	73 мелкие цапли 	74 круп- ные цапли 	75 аисты 	76 журав- ли 	77 дрофа 	78 смешан. стая околовод. 	79 смешан. стая околовод. водоплав. 	
80 хищ- ные птицы 	81 мелкие сокола 	82 круп- ные сокола 	83 хищни- ки ср. размер 	84 кор- шун 	85 каню- ки 	86 луни 	87 орел, орлан, беркут 	88 гриф, сип, бо- родач 	89 смешан. стая хищных 	
90 ноч- ные птицы 	91 совы 	92 мелк. совы, козодой 	93 крупн. совы 	94 ночн. цапли, выпи 	95 перепе- -ла 	96 кулики, актив. в сумерки 	97 ночн. мигран- ты 	98 летучие мыши 	99 птицы, указан. в след. гр. 	

СХЕМА НАНОСКИ НА КАРТУ

<u>КК_{макс} Т</u>		<u>d КК_{макс} Т</u>
R КК _{ср} Т	Z	R КК _{ср} Т
BB	24	BB
(M) 18	(A)	06 (M)
	12	
HHH	P	HHH
hhh	HHH	hhh

Предметний покажчик

<p style="text-align: center;">А</p> <p>Авіаційні прогнози погоди 27 Авіаційні прогностичні карти погоди 9, 29 Аеродинамічна сила 77 Аерологічна діаграма 41</p> <p style="text-align: center;">Б</p> <p>Бовтанка 121</p> <p style="text-align: center;">В</p> <p>Вертикальний розріз атмосфери 49 Висота кола 100</p> <p style="text-align: center;">Г</p> <p>Гірські хвилі 35 Град 145 Гроза 145</p> <p style="text-align: center;">Д</p> <p>Довжина пробігу літака 89 Довжина розбігу літака 88</p> <p style="text-align: center;">Е</p> <p>Електризація літака 198 Енергія вертикальної нестійкості 42</p> <p style="text-align: center;">І</p> <p>Інверсія 43</p> <p style="text-align: center;">К</p> <p>Коди авіаційні METAR 11 TAF 28 Конденсаційні сліди 45 Крейсерська швидкість 81 Кут атаки 79</p>	<p style="text-align: center;">М</p> <p>Метеорологічна дальність видимості 176, 190 Метеорологічне забезпечення польотів 7</p> <p style="text-align: center;">Н</p> <p>Навігаційний трикутник швидкостей 104</p> <p style="text-align: center;">О</p> <p>Обледеніння 46, 131</p> <p style="text-align: center;">П</p> <p>Потрібна швидкість горизонтального польоту 77</p> <p style="text-align: center;">Р</p> <p>Радіолокаційна інформація 57</p> <p style="text-align: center;">С</p> <p>Стандартна атмосфера 74 Стеля літака 85 Струминні течії 113</p> <p style="text-align: center;">Т</p> <p>Тропопауза 45 Туман 170 Турбулентність ясного неба 122</p> <p style="text-align: center;">Ш</p> <p>Шквал 149</p>
---	---

Навчальне видання

Івус Галина Петрівна
Боровська Галина Олександрівна

ПРАКТИКУМ З АВІАЦІЙНОЇ МЕТЕОРОЛОГІЇ

Навчальний посібник

Підп. до друку 01.02.06 Формат 60×84 / 16 Папір офс.
Умовн. друк. арк. 15.7 Тираж 100 Зам. №
Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
