

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи студентів з дисципліни
«Авіаційна метеорологія»

для студентів IV курсу
Напрямок підготовки – гідрометеорологія
Спеціальність - метеорологія

ЗАТВЕРДЖЕНО
методичною комісією
гідрометеорологічного інституту
протокол № ____ від «__» ____ 2007 р.

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів денної форми навчання з дисципліни «Авіаційна метеорологія» для студентів IV курсу денної форми навчання напрям підготовки – «Гідрометеорологія», спеціальність «Метеорологія» / Укладачі: проф., к.г.н. Івус Г.П., к.г.н. Семергей-Чумаченко А.Б., Москаленко Л.М, Нажмудинова О.М. – укр., 31 стор.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	4
1.1 Перелік тем лекційних занять	5
1.2 Перелік тем лабораторних занять	6
1.3 Перелік питань для самоперевірки	7
1.4 Приблизний перелік тем курсових проектів	8
1.5 Основна навчальна література	9
2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА	9
2.1 Загальна організація навчального процесу	9
2.2 Перелік контрольних заходів поточного контролю	9
2.3 Організація контролю і оцінки знань та вмінь студентів	10
2.4 Форми контролю виконання СРС	11
3 СИНОПТИЧНІ КРИТЕРІЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ	12
ПРИ ЯСНОМУ НЕБІ	12
3.1 Загальні відомості про турбулентність	12
3.2 Синоптичні критерії турбулентності	13
3.2.1 Критерії, що враховують конфігурацію ізогіпс і струминних течій	14
3.2.2 Синоптичні критерії для малоградієнтних баричних полів	16
3.3.3 Критерії, що враховують структуру струминної течії	17
3.3.4 Критерії, що враховують особливості поля температури.	18
3.4 Питання для самоперевірки студентів	19
3.5 Список літератури	19
3.7 Завдання	19
3.8 Додаток	20

ПЕРЕДМОВА

Мета методичних вказівок – допомогти студентам денної форми, що навчаються за спеціальністю «Метеорологія», в самостійній роботі при вивченні дисципліни «Авіаційна метеорологія».

Самостійна робота студентів (СРС) з дисципліни «Авіаційна метеорологія» складається з таких видів роботи:

- підготовка до лекційних та лабораторних занять;
- підготовка до написання контрольних робіт;
- виконання домашніх завдань;
- виконання та підготовка до захисту курсового проекту;
- підготовка до захисту матеріалів лабораторної роботи.

Методичні вказівки складаються з розділів, в яких викладаються основні етапи самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни «Авіаційна метеорологія».

В «Загальній частині» наведені мета і задачі дисципліни «Авіаційна метеорологія», місце дисципліни серед інших дисциплін навчального плану підготовки спеціаліста-метеоролога; перелік лекційних та лабораторних занять, питання для самоперевірки і список навчальної літератури.

В розділі «Організація самостійної роботи студента» висвітлюється методи контролю СРС, міститься перелік та форми контролюючих заходів поточного контролю, система складання поточних та підсумкових оцінок рівню знань студентів за модульною системою.

В третьому розділі приведена лабораторна робота «Синоптичні критерії турбулентності» внаслідок відсутності нового методичного забезпечення для цього розділу дисципліни.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Навчальна дисципліна «Авіаційна метеорологія» належить до професійно-практичного циклу і є однією з основних профілюючих дисциплін підготовки спеціалістів і бакалаврів з напрямку «Гідрометеорологія» за спеціальністю 7.070601 – «Метеорологія».

Мета дисципліни «Авіаційна метеорологія» є підготовка фахівців, які володіють глибокими теоретичними знаннями та практичними навиками, що необхідні для якісного проведення метеорологічного забезпечення польотів з метою підвищення безпеки, регулярності та економічної ефективності повітряних перевезень.

Головна задача дисципліни – забезпечення безпеки польотів та ефективне використання авіаційної техніки у різноманітних умовах погоди.

Завданням дисципліни є вивчення питань впливу метеорологічних умов на діяльність авіації, знайомство з теоретичними та методичними основами метеорологічного забезпечення польотів.

Дисципліна «Авіаційна метеорологія» складається з двох структурних частин - «Вступу до авіаційної метеорології» і «Авіаційної метеорології», що викладаються протягом VII та VIII семестрів, відповідно. Після вивчення повного обсягу дисципліни студент повинен:

знати - задачі авіаційної метеорології та їх зв'язок з потребами практики; основні льотно-технічні характеристики повітряних суден сучасної цивільної авіації та їх залежність від стану атмосфери; умови польотів на різних висотах та в різних географічних районах; порядок метеорологічного забезпечення цивільної авіації та регламентуючі документи; залежність роботи повітряного судна від стану атмосфери;

вміти - грамотно аналізувати аеросиноптичні матеріали та готувати необхідну метеорологічну документацію; оцінювати можливість виникнення складних метеорологічних умов та небезпечних для авіації атмосферних явищ; добре орієнтуватися в особливостях метеорологічного забезпечення польотів авіації різного застосування.

Вивчення дисциплін «Вступ до авіаційної метеорології» і «Авіаційна метеорологія» базується на знаннях студентів, які отримані внаслідок вивчення курсів «Вищої математиці», «Фізики», «Фізики атмосфери», «Синоптичної метеорології».

Отримані студентами навички, знання та вміння використовуються при курсовому та дипломному проектуванні.

1.1 Перелік тем лекційних занять

I Вступ до авіаційної метеорології

1. Суб'єкти цивільної авіації та їх стосунки з авіаційною метеорологією.
 - 1.1. Предмет та задачі авіаційної метеорології
 - 1.2. Сучасні літаки і гелікоптери, їх основні схеми та класифікація
 - 1.3. Аеродроми
 - 1.4. Класифікація польотів
 - 1.5. Керування повітряним рухом
2. Метеорологічне забезпечення роботи цивільної авіації
 - 2.1. Ешелонування літаків
 - 2.2. Системи посадок
 - 2.3. Мінімуми погоди
 - 2.4. Організація роботи авіаційних метеорологічних станцій
 - 2.5. Використання МРЛ і МСЗ при забезпеченні польотів
 - 2.6. Аеродроми та навколишнє середовище.
 - 2.7. Авіаційна орнітологія

II Авіаційна метеорологія

3. Вплив фізичного стану атмосфери на льотно-технічні характеристики літаків та гелікоптерів
 - 3.1. Стандартна атмосфера
 - 3.2. Причини виникнення підйимальної сили
 - 3.3. Залежність сили тяги турбогвинтового двигуна від фізичного стану атмосфери
 - 3.4. Вплив фізичного стану атмосфери на політ та на витрату палива
 - 3.5. Вплив температури повітря на стелю літака.
 - 3.6. Вплив температури та тиску повітря на зліт та посадку
 - 3.7. Вплив метеорологічних умов на показання деяких аеронавігаційних приладів
 - 3.8. Вплив вітру зліт, посадку та на політ літака.
 - 3.9. Вплив вітру на путьову швидкість та напрям руху літака при горизонтальному польоті.
 - 3.10. Умови польотів у верхній атмосфері та космічному просторі.
 - 3.11. Метеорологічне забезпечення надзвукових транспортних літаків.
4. Метеорологічні явища, що небезпечні для польотів повітряних суден, умови їх створення та методи прогнозу
 - 4.1. Вплив хмарності та обмеженої видимості на політ.
 - 4.2. Вплив турбулентності на політ. Прогноз бовтанки.
 - 4.3. Обледеніння літаків та вертольотів, його вплив на політ.
 - 4.4. Вплив грозової діяльності на політ літаків.
 - 4.5. Прогноз зон можливого поразки літаків електричними розрядами в шаруватих хмарах і опадах.
 - 4.6. Перспективи розвитку авіаційної метеорології і метеорологічного забезпечення польотів цивільної авіації

1.2 Перелік тем лабораторних занять

I Вступ до авіаційної метеорології

1. Основні елементи організації метеорологічного забезпечення цивільної авіації
2. Авіаційні метеорологічні коди. METAR. SPESI.
3. Використання вертикального розрізу атмосфери для забезпечення польотів
4. Аналіз радіолокаційної інформації при обслуговуванні авіації
5. Авіаційні карти погоди.

II Авіаційна метеорологія

1. Підготовка матеріалів до авіаційних прогнозів. Код TAF.
2. Стандартна атмосфера, використання її параметрів при метеорологічному забезпеченні польотів
3. Розрахунок зсуву вітру та побудова профілю вітру над аеродромом та на висоті кола
4. Прогноз низької хмарності, обледеніння та бовтанки літаків

5. Прогноз туману та струминної течії: її осі та висоти і максимальної швидкості вітру.

Вибір лабораторних робіт з даного переліку і кількість годин визначається викладачем згідно з робочим навчальним планом.

1.3 Перелік питань для самоперевірки

I Вступ до авіаційної метеорології

1. З чого складається предмет авіаційної метеорології?
2. Досягнення яких дисциплін використовуються у авіаційної метеорології при вивчанні впливу метеорологічних умов на авіаційну техніку?
3. Які існують основні сучасні марки цивільних літаків?
4. Що таке автожир?
5. З чого складається керування повітряним рухом (КПР)?
6. Хто виконує керування польотами у зоні зльоту та посадки?
7. Який радіус має район аеродрому та зони зльоту і посадки?
8. Хто виконує координування дій усіх диспетчерських пунктів?
9. Які основні обов'язки диспетчерів старту, кола, зльоту та посадки?
10. Як класифікуються літаки за числом та розташуванням крил?
11. Які основні функції та головний орган Єдиної системи управління повітряним рухом?
12. Основні елементи конструкції літаків та гелікоптерів.
13. Для чого призначені крила та основні вимоги до них?
14. Як класифікують літаки та гелікоптери за злітною масою?
15. Як класифікують польоти цивільної авіації?
16. Чим визначається складність погодних умов для авіації?
17. Як класифікують аеродроми та їх основні складові частини?
18. Які використовують посадкові системи на сучасних аеродромах?
19. З чого складається система ешелонування польотів?
20. Де розташовані далекий та близький приводні радіомаркери?
21. Які основні функції виконують метеорологічні локатори?
22. Де починається зниження літака відносно ЗПС?
23. Що таке глісада та у яких межах змінюється її кут?
24. Які ви знаєте засоби попередження зіткнення літаків зі птицями?
25. З чого складається радіолокаційна система посадки?
26. Що обумовлює забруднення повітря навколо аеродромів?
27. Для чого введені мінімуми погоди?

II Авіаційна метеорологія

1. За якими причинами виникає підймальна сила?
2. Які сили діють на літак в горизонтальному польоті?

3. За якими правилами вводяться поправки про відхилення реальних умов атмосфери від стандартних?
4. Яким чином визначається зсув вітру?
5. Як впливає температура та тиск на зліт та посадку літака?
6. З чого складається вплив зсуву вітру в найнижчому шарі атмосфери на зліт на посадку?
7. Для чого призначений навігаційний трикутник швидкостей?
8. Які льотно-технічні характеристики літаків залежать від стану атмосфери?
9. Які погодні явища найбільш небезпечні для авіації?
10. Приведіть основні види авіаційних прогнозів погоди.
11. Для чого призначений бланк АВ-5?
12. Як складається прогноз радіаційного туману?
13. Які загальні положення прогнозу адвективного туману?
14. Як впливає обледеніння на політ літака?
15. За якими методами прогнозується висота нижньої межі хмар?
16. Як діагностують та прогнозують бовтанку?
17. З чого складається аеронавігаційне значення струминних течій в атмосфері?
18. Як можна охарактеризувати умови польотів в зоні грозової діяльності?
19. Чім відрізняються умови бовтанки та обледеніння надзвукового літака?
20. Як впливають озон та сонячні спалахи на роботу авіації?
21. За якими методами складають прогноз зон можливого поразки літаків електричними розрядами в шаруватих хмарах і опадах?

1.4 Приблизний перелік тем курсових проектів

1. Вплив сильних зсувів вітру на політ літака.
2. Синоптичні умови формування та розвитку струминних течій над Україною взимку.
3. Метеорологічні та синоптичні умови утворення струминних течій нижнього рівня над Одесою.
4. Струменеві течії нижніх рівнів над Києвом.
5. Особливості створення небезпечних для авіації погодних явищ над півднем України.
6. Умови виникнення та прогноз сильного вітру.
7. Синоптичні умови утворення низької хмарності над Україною.
8. Умови формування туманів над аеродромами Причорномор'я.
9. Залежність інтенсивності бовтанки від синоптичних умов над різними регіонами України.
10. Імовірність небезпечного обледеніння різноманітних літаків.

1.5 Основна навчальна література

1. Івус Г.П. Авіаційна метеорологія. Навчальний посібник. - Київ, 1996. - 87 с.
2. Івус Г.П., Семергей-Чумаченко А.Б. Авіаційна метеорологія. – Конспект лекцій – Дніпропетровськ: Економіка, 2006. – 140 с.
3. Івус Г.П., Боровська Г.О. Практикум з авіаційної метеорології: навч. посібник. – Одеса: Екологія, 2006. – 224 с.
4. Баранов А.М., Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Авиационная метеорология. - СПб.: Гидрометеоздат, 1992.- 347 с.
5. Богаткин О.Г., Говердовский В.Ф., Еникеева В.Д. Практикум по авиационной метеорологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1987.- 183 с.
6. Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. – Л.: Гидрометеоздат, 1995.- 231 с.
7. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации СССР (НМО ГА-90). - Л.: Гидрометеоздат, 1990.- 104 с.
8. Практикум з синоптичної метеорології/Під редакцією Івус Г.П., Іванової С.М. – Одеса, 2004. – 419 с.
9. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации/Под ред. Абрамович К.Г., Васильева А.А. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 301 с.

2 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

2.1 Загальна організація навчального процесу

Вивчення дисциплін «Вступ до авіаційної метеорології» і «Авіаційна метеорологія» студентами очної форми навчання передбачає три види навчальних занять: лекції, лабораторні заняття та самостійна робота студента.

Контроль СРС студентів очної форми навчання здійснюється через перевірку контрольних робіт з теоретичної та практичної частини курсу, усне опитування на лабораторних заняттях, перевірку домашніх завдань, захист матеріалів лабораторних робіт та захист курсового проекту з «Авіаційної метеорології» наприкінці VIII семестру. Питання до контрольних робіт, до захисту лабораторних робіт, теми домашніх завдань та курсових проектів визначаються в робочих програмах.

2.2 Перелік контрольних заходів поточного контролю

Назва контрольного заходу	Термін контролю (навч. тиждень)	
	VII	VIII
Усне опитування під час лабораторних занять (УО)	1-14	1-16
Контрольна робота з теоретичної частини (КРтеор)	6, 14	9, 15
Контрольна робота з практичної частини (КРпр)	3, 7, 13	3, 5, 13
Перевірка домашнього завдання (ДР)	9	2, 6

Захист матеріалів лабораторної роботи (ЛР)	4, 9, 11, 14	3, 5, 7, 10, 13, 16
Курсовий проект	-	14-15

Терміни контрольних заходів можуть змінюватися згідно з робочою програмою дисциплін.

2.3 Організація контролю і оцінки знань та вмінь студентів

Поточна та підсумкова оцінка рівня знань студентів здійснюється за модульною системою.

В цілому на повний курс дисципліни «Вступ до авіаційної метеорології» в VII семестрі відведено **100 балів**, на теоретичний курс - **50 балів**, на лабораторні заняття - **50 балів**. Отримана студентом інтегральна сума балів є підставою для **ЗАЛІКУ** у тому разі, якщо фактична сума балів за практичну частину не менше 50%, а інтегральна сума за теоретичну та практичну частину не менше 60% від максимально можливої.

Весь курс в VII семестрі розбито на 7 модулів, 2 з яких охоплюють лекційний матеріал, 5 - лабораторні заняття:

№	Назва модулю	Макс. сума балів
1	Суб'єкти цивільної авіації та їх стосунки з авіаційною метеорологією	25
2	Метеорологічне забезпечення роботи цивільної авіації	25
3	Основні елементи організації метеорологічного забезпечення цивільної авіації	12
4	Авіаційні метеорологічні коди	12
5	Використання вертикального розрізу атмосфери для забезпечення польотів	8
6	Аналіз радіолокаційної інформації при обслуговуванні авіації	8
7	Авіаційні карти погоди	10

На повний курс дисципліни «Авіаційна метеорологія» в VIII семестрі відведено **100 балів**. Максимальна сума балів, яку може отримати студент, складає **100 балів**, з яких по теоретичному курсу – **50 балів**, по практичній частині – **50 балів**.

Оцінка **ІСПИТУ** виставляється за результатами поточного контролю – всі студенти, які набрали 60 % і більше від максимально можливої суми (тобто 60 балів і вище), отримують оцінку іспиту відповідно до такої шкали:

Інтегральна сума балів по навчальній дисципліні	Оцінка з іспиту
< 60% від максимальної суми балів	незадовільно
60-74,9% від максимальної суми балів	задовільно
75-89,9% від максимальної суми балів	добре
≥90% від максимальної суми балів	відмінно

Дисципліну в VIII семестрі розбито на 8 модулів – 2 теоретичних та 6 практичних:

№	Назва модулю	Макс. сума балів
1	Вплив фізичного стану атмосфери на льотно-технічні характеристики літаків та гелікоптерів	30
2	Метеорологічні явища, що небезпечні для польотів повітряних суден, умови їх створення та методи прогнозу	20
3	Підготовка матеріалів до авіаційних прогнозів. Код ТАФ	10
4	Стандартна атмосфера, використання її параметрів при метеорологічному забезпеченні польотів	8
5	Розрахунок зсуву вітру та побудова профілю вітру над аеродромом	6
6	Прогноз низької хмарності, обледеніння та бовтанки літаків	5
7	Прогноз туману та струминної течії	6
8	Курсовий проект	15

2.4 Форми контролю виконання СРС

Усне опитування студентів проводиться на лабораторних заняттях на початку кожної нової теми заняття. Програмами дисциплін «Вступ до авіаційної метеорології» та «Авіаційна метеорологія» передбачено 5 і 6 модулів з практичної частини курсу, відповідно. Оцінка усного опитування входить до загальної оцінки певного виду практичних занять і становить 2 бали. Питання щодо усного опитування приведені в робочих програмах.

Контрольні роботи - вивчення теоретичних та деяких практичних розділів дисципліни передбачає перевірку знань шляхом виконання студентами контрольних робіт. В кожному змістовному модулі виділено ряд питань, обов'язкових для засвоєння студентами. В межах обох курсів заплановано 2 контрольні роботи з теоретичної та 3 з практичної частин курсу. Повний перелік питань контрольних робіт приведений в робочий програмі.

Домашнє завдання – програмою дисципліни визначено виконання студентами трьох домашніх завдань (одного та двох в VII та VIII семестрах, відповідно). Оцінка домашнього завдання складається з оцінки

правильності та своєчасності виконання завдання (90 і 10 % від максимально можливого балу за модульною системою).

Захист матеріалів лабораторної роботи є основним контрольним заходом у всіх модулях практичної частини курсу, крім модулю № 4 з «Вступу до авіаційної метеорології». Захист включає оформлення матеріалів лабораторної роботи, самостійна розповідь студента про зміст і методику роботи та його відповідь на контрольні запитання. Повний перелік питань та список методичних вказівок приведені в робочих програмах. Оцінка захисту матеріалів лабораторної роботи складається з оцінки правильності і своєчасності її виконання та результатів відповіді студента (60 і 40 % від максимально можливого балу за модульною системою).

Курсовий проект передбачається тільки наприкінці VIII семестру, коли студент набуває практичних навичок з дисципліни та може самостійно аналізувати результати розрахунків і різноманітний синоптичний матеріал. Своєчасність виконання та його рівень, відповідність оформлення ДЕСТу і захист проекту в присутності комісії формують оцінку.

3 СИНОПТИЧНІ КРИТЕРІЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ ПРИ ЯСНОМУ НЕБІ

Внаслідок того, що відсутнє нове методичне забезпечення з питань прогнозу атмосферної турбулентності для потреб цивільної авіації, автори методичних вказівок вважають доцільним доповнити дану методичну розробку лабораторної роботою з прогнозу турбулентності при ясному небі.

Метою лабораторної роботи є ознайомлення з методикою прогнозу турбулентності при ясному небі. Як звісно, серед метеорологічних явищ, що впливають на польоти повітряних суден, одним з найбільш небезпечних є атмосферна турбулентність, яка викликає сильну бовтанку літаків. Під терміном атмосферна турбулентність мається на увазі різке зміщення повітряних суден у вертикальній площині.

3.1 Загальні відомості про турбулентність

Бовтанка, особливо сильна, - явище порівняно рідке. Проте раптове попадання літака в зону інтенсивної турбулентності може стати причиною серйозних льотних подій. У зв'язку з цим перед синоптиком АМСЦ стоїть важка задача діагнозу і прогнозу бовтанки літаків. Складності прогнозу посилюються великими похибками температурно-вітрового зондування, тому отримати задовільну якість прогнозів можливо лише шляхом

глибокого пізнання атмосфери і комплексного врахування атмосферних процесів.

Атмосфера практично завжди знаходиться у турбулентному стані. Основною причиною турбулізації повітряних течій є виникаючі в атмосфері контрасти в полі вітру та в полі температури. Ці контрасти породжують різноманітні процеси, до них слід віднести тертя повітряного потоку об поверхню Землі і, як результат, - великі вертикальні градієнти вітру у нижньому шарі, деформація повітряних течій горами, неоднаковий нагрів різних ділянок підстильної поверхні, що викликає термічну конвекцію, процеси хмароутворення, при яких виділяється тепло конденсації і змінюється характер полів температури і вітру, взаємодія повітряних мас, різних за своїми властивостями, на межі яких дуже різко виражені горизонтальні градієнти температури та вітру, а також наявність інверсійних шарів, на яких можуть виникати гравітаційні хвилі, які за конкретних умов втрачають свою стійкість.

Вчених багатьох країн цікавить проблема турбулентності при ясному небі – ТЯН. Це пов'язано із завданням забезпечення безпеки польотів у метеорологічному відношенні. ТЯН найбільш небезпечний для авіації від турбулентності, оскільки завжди виявляється раптовою для екіпажу.

Турбулентність при ясному небі – це турбулентність у вільній атмосфері поза зонами конвективної діяльності, а також турбулентність в перистих хмарах.

У нинішній час немає чіткого теоретичного опису ТЯН. Складності у вивченні ТЯН поглиблюються і недоліками фактичних даних про такий вид турбулентності. Виникнення ТЯН у вільній атмосфері зумовлене термодинамічними, а в гірських районах – орографічними причинами. Подальше накопичення матеріалу дозволить уточнити теорію виникнення ТЯН і вирішити проблему більш точного її прогнозу.

3.2 Синоптичні критерії турбулентності

Синоптичні критерії турбулентності при ясному небі розроблялись різними авторами шляхом встановлення взаємозв'язку між спостереженнями за бовтанкою і особливостями конфігурації ізогіпс або характером синоптичного процесу. В багатьох випадках матеріал спостережень за бовтанкою, який використовувався при розробці методів прогнозу, був обмежений, внаслідок чого окремі висновки іноді суперечать один одному чи носять локальний характер і можуть бути застосовані лише для конкретної місцевості. Разом з цим основні синоптичні критерії мають високу справджуваність, оскільки враховують не тільки ступінь гідродинамічної нестійкості потоку, але й в окремих випадках додаткові вимушені збурення.

Визначення зон ТЯН здійснюється на основі аналізу наступних синоптичних матеріалів:

- прогностичних карт баричної топографії та карт струминних течій (СТ);
- поточних та прогностичних синоптичних карт для визначення приземного положення фронтів, баричних центрів і районів циклогенезу;
- карт тропопаузи і вертикальних зсувів вітру;
- аерологічних діаграм з нанесеними даними радіозондування;
- супутникових фотографій, які використовуються для з'ясування положення фронтів, струминних течій, гірських хвиль та інших синоптичних об'єктів над районами з рідкою мережею спостережень.

З вірогідністю 80 % і більше слід прогнозувати зони помірної та сильної турбулентності при наявності подальших синоптичних ситуацій на рівнях 400 і 300 гПа.

3.2.1 Критерії, що враховують конфігурацію ізогіс і струминних течій

1. Передня частина висотної баричної улоговини, дельта висотної фронтальної зони (рис.1а). Турбулентність виникає в області відносно слабкого вітру, ближче до антициклонічної кривизни ізогіс при їх розбіжності. У цій зоні зазвичай мають місце і значні вертикальні зсуви вітру. При наявності СТ, що розгалужується, зона ТЯН розташовується на ділянці розбіжності двох гілок СТ. Ймовірність ТЯН у цих зонах складає 80 – 90%.

2. Вісь баричної улоговини при наявності розвиненої струминної течії (рис.1б). Зона ТЯН розміщується поблизу осі улоговини з циклонічної сторони СТ. Випадки помірної та сильної турбулентності, як правило, відмічаються на відстані до 300 км від осі баричної улоговини і осі СТ. Необхідною умовою при цьому є також наявність адвекції холоду і значних горизонтальних градієнтів температури (не менше 2,5 °С/100 км на рівні 300 гПа). Додаткові фактори, які сприяють розвитку турбулентності:

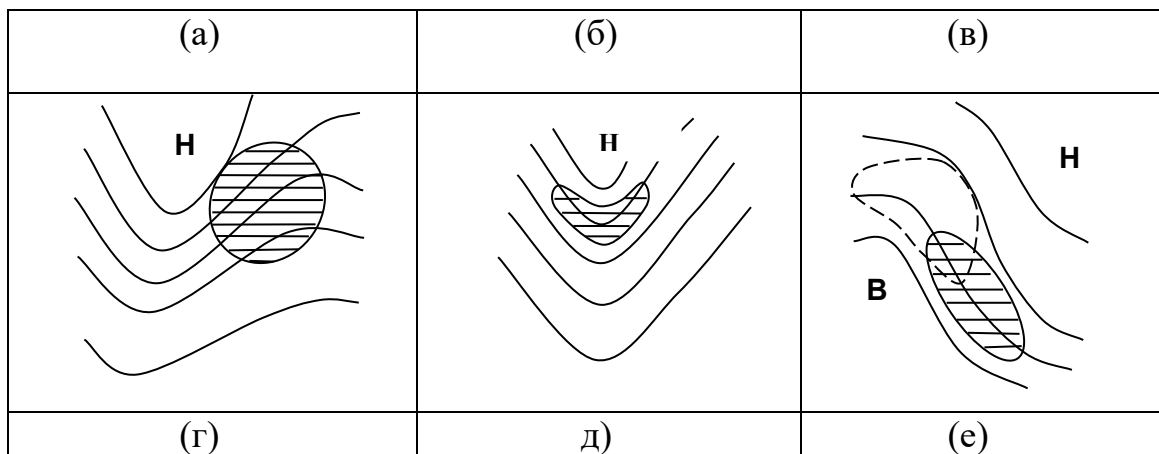
- швидке переміщення осі улоговини (швидкість > 50 км/год);
- значна різниця складових швидкості вітру по нормалі до осі улоговини ($10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ і більше);
- сильні горизонтальні зсуви вітру ($10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 100 км і більше) в області найбільшого згущення ізотерм. Ймовірність ТЯН в таких умовах зазвичай більше 80 %.

3. Тилова частина баричної улоговини (рис.1в) при наявності СТ. Хоча ймовірність ТЯН у тилівій частині улоговини трапляється у середньому приблизно у два рази менше, ніж на її осі чи в передній частині, інтенсивність ТЯН тут може бути значною. Зона турбулентності розміщується як з циклонічної, так і з антициклонічної сторони СТ, між областю максимальної швидкості вітру і віссю улоговини, тобто у зоні ослаблення швидкості вітру по потоку. ТЯН слід прогнозувати, якщо ослаблення швидкості вітру досягає $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 10° широти. При наявності адвекції холоду ймовірність ТЯН зростає до 80 %.

4. Вісь баричного гребеня при наявності СТ (рис.1г). Найбільш часто ТЯН спостерігається в добре виражених «гострих» гребенях. При цьому зона ТЯН концентрується уздовж осі гребеня і СТ, і злегка зміщена впродовж потоку. По вертикалі вона звичайно простягається на відстань 1 – 1,5 км вгору і вниз від осі СТ. У середньому вірогідність ТЯН при такій ситуації складає 70 %. Прогностичні ознаки розвитку ТЯН у зоні баричних гребенів в основному зводяться до наступного:

- наявність сильних вертикальних зсувів вітру ($1,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 100м);
- значна швидкість вітру ($70 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше) чи різке посилення антициклонічної кривизни (посилення гребеня);

5. Сідловина при наявності ізольованого центру низького тиску (рис.1д). Зона ТЯН відмічається звичайно впродовж лінії горизонтального зсуву вітру, між ділянками СТ, що огинає ізольований циклон, який у свою чергу уздовж цієї лінії має протилежний напрям і антициклонічну кривизну. Для розвитку помірної та сильної турбулентності необхідно, щоб швидкість вітру у струминній течії перевищувала 50 м/с. Ймовірність ТЯН досягає 80 %.



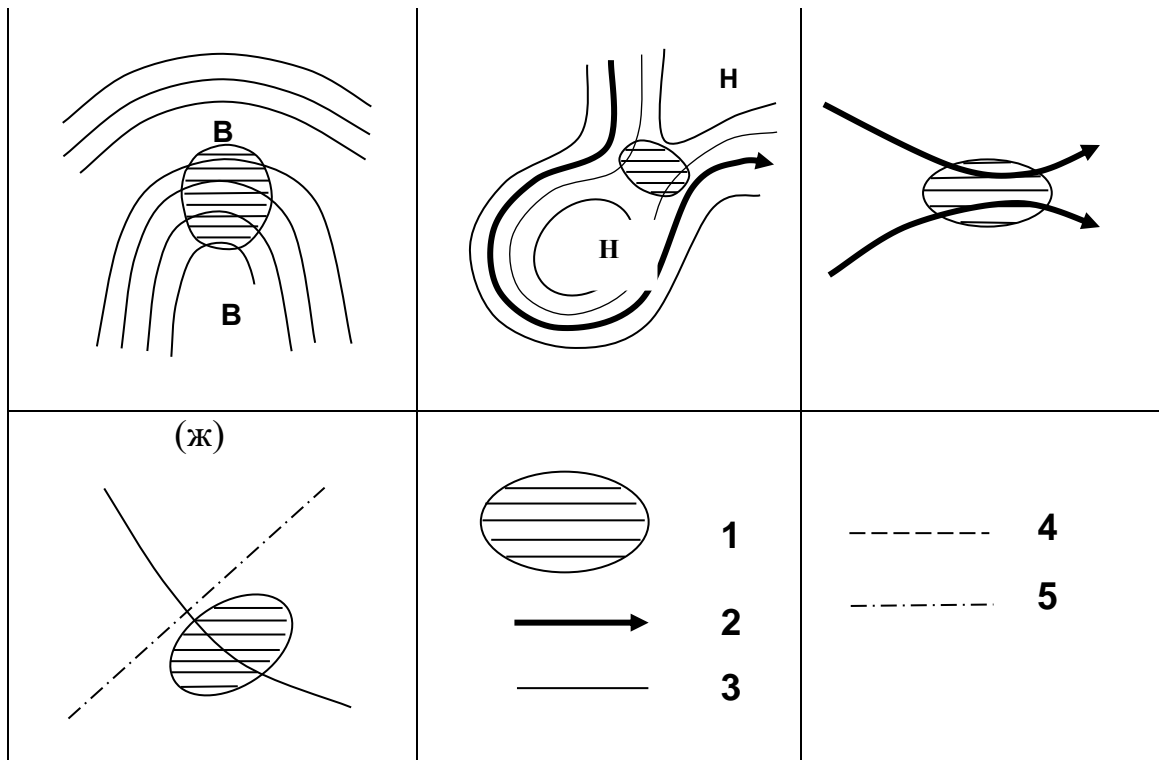


Рис. 1. - Синоптичні критерії прогнозу ТЯН, що враховують конфігурацію ізогіпс і струминних течій (СТ): 1 – зона ТЯН, 2 – вісь СТ, 3 – ізогіпси, 4 – ізотахи, 5 – вісь гірського хребта.

6. Зона злиття двох СТ (рис.1е). ТЯН у цьому випадку спостерігається між СТ, коли вони знаходяться на відстані не більше 500 км одна від одної. Оскільки північна СТ розміщується у більш холодному повітрі і знаходиться нижче південної течії, то в цій зоні мають місце великі вертикальні зсуви вітру. Помірна і сильна турбулентність відзначається при зсувах $2,5-3,0 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 100 м і більше. Ймовірність ТЯН перевищує 90 %.

7. Перетин струминною течією гірського хребта (рис.1ж). У цьому випадку імовірність ТЯН перевищує 90 %. Зона інтенсивної турбулентності утворюється безпосередньо за віссю гребеня хребта над його підвітряною стороною. Звичайно вона простирається на 200 км вправо і вліво від осі СТ і від 80 до 200 км вниз по потоку в залежності від висоти хребта. Інтенсивна турбулентність може спостерігатись і при швидкостях вітру, менших ніж у струминних течіях, при вертикальному розподілі вітру і температури, сприятливому для розвитку гірських хвиль.

3.2.2 Синоптичні критерії для малоградієнтних баричних полів

1. Зони різкої розбіжності ізогіпс при відсутності СТ, але при наявності вертикальних зсувів вітру $> 6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ на 1 км (рис.2а).

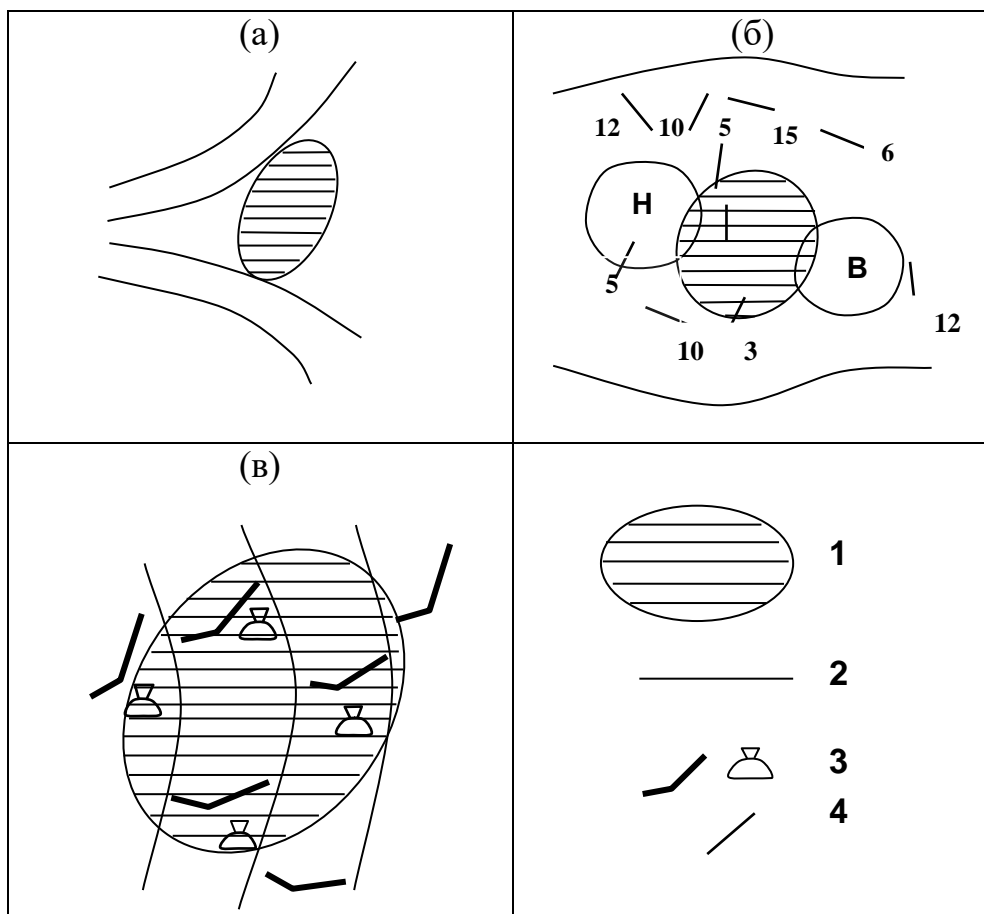


Рис. 2. - Синоптичні критерії прогнозу ТЯН для малоградієнтних баричних полів: 1 – зона ТЯН, 2 – ізогіпси, 3 – конвективна хмарність і вітер біля поверхні землі, 4 – вітер на рівні досліджуваної ізобаричної поверхні.

2. Малоградієнтне баричне поле з двома невеликими (з однією замкненою ізогіпсою) вихорами циклонічної і антициклонічної циркуляції, розташованими у межах 500 км один від одного (рис.2б). Зона ТЯН знаходиться між цими вихорами. Необхідною умовою розвитку турбулентності у ясному небі є наявність вертикальних зсувів вітру $> 6 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 1 км.

3. Конвективна хмарність у нижній та середній тропосфері (рис.2в), характерна для даного сезону. ТЯН у верхній тропосфері конвективної хмарності спостерігається, коли швидкість вітру у шарі 500 -300 гПа збільшується з висотою і вертикальні зсуви вітру $> 5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 1 км. У нижньому шарі тропосфери при цьому переважає слабкий вітер, направлений перпендикулярно вітру у шарі 500 - 300 гПа.

3.3.3 Критерії, що враховують структуру струминної течії

1. Нерівномірний розподіл швидкості вітру уздовж осі СТ. Турбулентні зони утворюються між зонами максимальних швидкостей, а у випадку однієї зони максимальної швидкості – на ділянці послаблення

вітру (рис.3а), якщо різниця між швидкостями вітру в областях максимуму і мінімуму не менше $30 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ на 500 км .

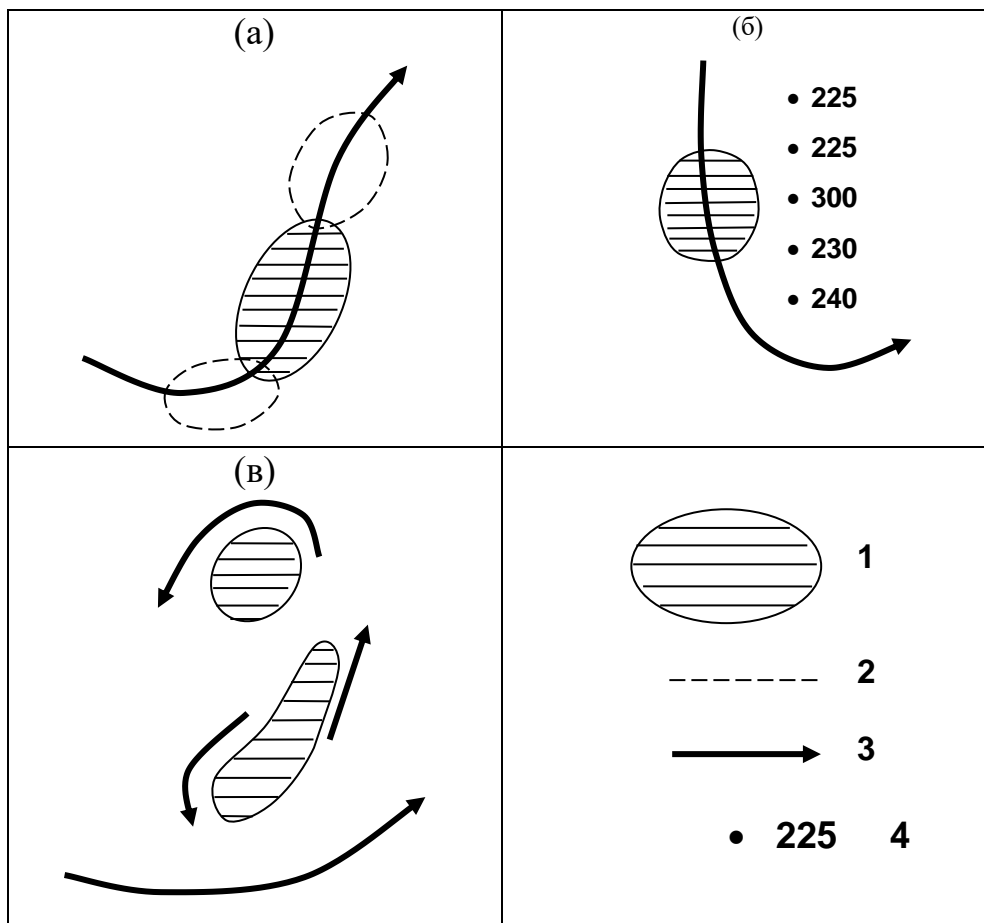


Рис. 3. - Синоптичні критерії прогнозу ТЯН, що враховують структуру СТ: 1 – зона ТЯН, 2 – ізотахи, 3 – вісь СТ, 4 – висота рівня максимального вітру

2. Зони різкої зміни рівня (висоти) максимального вітру впродовж траєкторії СТ (рис.3б). Ці зміни можуть бути як додатними (рівень підвищується), так і від'ємними (рівень знижується). Найбільш вірогідний розвиток ТЯН при знакоперемінних змінах висоти максимального вітру на рівні 100 гПа на відстані 300 км і більше.

3. Наявність, звичайно в перехідні сезони, невеликих за розмірами (протяжністю $300 - 500 \text{ км}$), ізольованих одна від одної СТ (рис.3в). Подібні струмені можуть існувати як поблизу основних СТ, так і на значному віддаленні від них. ТЯН утворюється зазвичай при швидкостях вітру на осі струменя не менше $35 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Внаслідок рідкої мережі станцій радіозондування такі СТ іноді не знаходять відображення на картах баричної топографії, що може бути причиною деяких нез'ясовних з синоптичної точки зору випадків ТЯН.

3.3.4 Критерії, що враховують особливості поля температури.

Положення зон турбулентності можна визначати і за характером поля температури. Найбільшу ймовірність турбулентності мають зони, розташовані:

- у передній частині невеликої термічної улоговини;
- у зоні згущення ізотерм у передній частині висотної улоговини;
- перед областю холоду в тилевій частині висотної улоговини;
- в зоні дивергенції чи конвергенції швидкості вітру уздовж осі термічної улоговини;
- поблизу осі термічної улоговини, якщо вона перетинає вісь струминної течії, яка має швидкість не менше $50 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, чи знаходиться на відстані до 3000 км від осі струменя;
- поблизу осі термічної улоговини в зоні її перетину з віссю баричної улоговини чи її розташування на відстані до 150 км від осі баричної улоговини;
- вздовж осі термічної улоговини, що проходить біля краю хмарного поля верхнього ярусу;
- поблизу осі термічної улоговини, розташованої в області вигину чи нахилу тропопаузи.

3.4 Питання для самоперевірки студентів

1. Дати означення явища турбулентності при ясному небі.
2. На основі аналізу яких синоптичних матеріалів визначаються зони ТЯН?
3. Назовіть критерії виникнення ТЯН:
 - 1) з урахуванням конфігурації ізогіпс і СТ;
 - 2) при малоградієнтних полях;
 - 3) з урахуванням структури СТ;
 - 4) при особливостях поля температури.

3.5 Список літератури

1. Баранов А.М., Богаткин О.Г. и др. Авиационная метеорология. – СПб.: Гидрометиздат, 1992. - 352 с.
2. Богаткин О.Г. Практикум по авиационной метеорологии. – СПб: РГГМУ, 2005. - 129 с.
3. Руководство по прогнозированию метеорологических условий для авиации. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 304 с.

3.7 Завдання

Зміст завдання:

Скласти прогноз ТЯН за прогностичними картами АТ-300 на 12 год.:

1. Визначити області можливого виникнення ТЯН.
2. Дати обґрунтування прогнозу (застосувати правила синоптичних критеріїв прогнозу ТЯН).

Вихідні матеріали:

1. Прогностичні карти АТ-300 за період 08.01 – 20.01.2007 р. (рис.4 - 16).
2. Дані температурно-вітрового зондування атмосфери (додаток).

3.8 Додаток

Дані температурно-вітрового зондування

Київ 05.02.2007 р.

05001 33345 99994 01130 00000 00110 // // // // 92740 04737 34006 85400
10327 33509 70880 15759 36010 50536 29546 35012 40691 41149 34024
30880 54342 34038 25996 58744 35031 20137 55947 35012 15320 56350
31010 10577 55756 29011 88248 58743 35031 77291 34041 41111=

Одеса 05.02.2007 р.

05001 33837 99010 01122 36002 00125 01723 // // // // 92741 05331 01012 85398
09725 35507 70877 16527 34506 50534 28763 02513 40691 379// 03025 30883
505// 02537 25000 559// 03021 20142 541// 32506 15327 537// 30507 10587
563// 27509 88261 569// 03023 77298 02537 40916=