

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет

Ю.В. Яценко

АВІАЦІЙНА МЕТЕОРОЛОГІЯ

Навчально-методичний комплекс
для студентів спеціальності
103 Науки про Землю
ОП Метеорологія

Київ – 2024

Рецензенти:

Шевченко О.Г., заступник декана з наукової роботи та міжнародного співробітництва, професор кафедри метеорології та кліматології, доктор географічних наук, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Гребінь В. В., завідувач кафедри гідрології та гідроекології, професор, доктор географічних наук, Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Рекомендовано:

Вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол №14 від 28 травня 2024 р.)

Авіаційна метеорологія: навчально-методичний комплекс / Яценко Ю.В. – Київ, 2024. – 97 с.

У навчально-методичному комплексі представлено розгорнуту програму з дисципліни «Авіаційна метеорологія», опорні конспекти лекцій, тематику семінарських занять, подано список рекомендованої літератури й перелік питань для підготовки до іспиту. Для студентів та викладачів закладів вищої освіти, де здійснюється підготовка фахівців за спеціальністю 103 Науки про Землю.

ВСТУП

Мета дисципліни – вивчення специфіки атмосферних процесів та складання прогнозів погоди для авіації, з формуванням у студентів теоретичних знань та практичних навичок, необхідних для роботи у наукових та виробничих оперативних підрозділах з метою якісного обслуговування авіації.

Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Успішне опанування обов'язкових дисциплін фізики атмосфери, кліматології, синоптичної метеорології, регіональних синоптичних процесів.
2. Знання теоретичних основ фізики атмосфери, аеродинаміки, фізичної географії, вміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки між явищами та процесами, що відбуваються в природному середовищі.
3. Володіння методами синтезу та аналізу інформації.

Анотація навчальної дисципліни. Дисципліна присвячена вивченню атмосферних процесів та складання прогнозів погоди для авіації, з формуванням у студентів знань, необхідних для роботи у наукових та виробничих підрозділах. Курс з двох змістових модулів. *Перший* присвячений вивченню історії авіації, організації метеорологічного забезпечення авіації на прикладі міжнародних аеропортів України, методик спостережень за метеорологічними величинами і явищами на аеродромах, методик кодування та передачі метеорологічної інформації, в *другому розділі* розглядається вплив фізичного стану атмосфери на польоти повітряних суден, небезпечні метеорологічні явища для авіації та їх прогноз, вивчаються методи аналізу і прогнозу погоди, перш за все понад-короткострокових прогнозів, з метою використання отриманих знань у практичній діяльності по метеорологічному забезпеченню авіації.

Завдання (навчальні цілі):

- 1) Навчити методикам спостережень за метеорологічними величинами і явищами на аеродромах, а також методикам кодування метеорологічної інформації;
- 2) сформуванню уявлень про аеродинаміку польотів;
- 3) сформуванню знань про вплив фізичного стану атмосфери на польоти повітряних суден;
- 4) сформуванню уявлень про небезпечні метеорологічні явища для авіації та методи їх кодування та передачі в оперативному режимі;
- 5) сформуванню навички методів аналізу і прогнозу погоди, перш за все понад-короткотермінових прогнозів, з метою використання отриманих знань у практичній діяльності по метеорологічному забезпеченню авіації.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 103 «Науки про Землю» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- Здатність розв'язувати складні наукові задачі та практичні проблеми, включно з прийняттям рішень щодо відбору даних та вибору методів досліджень при вивченні атмосфери у різних просторово-часових масштабах із використанням комплексу міждисциплінарних даних та в умовах недостатності інформації, невизначеності умов та вимог.

загальних:

- К01. Здатність до адаптації і дії в новій ситуації

- К03. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

- К05. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

- К06. Здатність до абстрактного мислення, пошуку, аналізу та синтезу.

спеціальних (фахових, предметних):

-К11. Володіння сучасними методами досліджень, які використовуються у виробничих та науково-дослідницьких організаціях при вивченні Землі, її геосфер та їхніх компонентів.

- К12. Здатність застосовувати знання і необхідні практичні навички з планування, організації, мотивування, контролю та регулювання діяльності профільних підприємств і установ.

Програмні результати навчання.

Аналізувати особливості природних та антропогенних систем і об'єктів геосфер Землі (ПР01).

Вміти спілкуватися з фахівцями та експертами різного рівня інших галузей знань, у тому числі в міжнародному контексті, в глобальному інформаційному середовищі (ПР03).

Знати сучасні методи дослідження Землі та її геосфер і вміти їх застосовувати у виробничій та науково-дослідницькій діяльності (ПР07).

Демонструвати здатність до адаптації та дії в новій ситуації, пов'язаній з роботою за фахом, вміння генерувати нові ідеї в області наук про Землю (ПР10).

Результати навчання за дисципліною:

Знати:

- принципи організації метеорологічного забезпечення авіації;
- перелік небезпечних метеорологічних явищ для авіації;
- методики спостережень за метеорологічними величинами і явищами на аеродромах;
- методики кодування та передачі метеорологічної інформації на аеродромах;

- вплив фізичного стану (основних метеорологічних величин) атмосфери на польоти повітряних суден;
- як проводити огляд синоптичних процесів (брифінг) для авіації.

Вміти:

- визначати небезпечні метеорологічні явища для авіації;
- володіти методами обробки результатів метеорологічних спостережень на аеродромах;
- вміти кодувати та декодувати метеорологічну інформацію;
- використовувати отриману інформацію щодо основних метеорологічних величин у практичній діяльності;
- використовувати методи аналізу і понад-короткострокового прогнозу погоди і основних метеорологічних величин.

Комунікація:

- Демонструвати спілкування в діалоговому режимі з колегами та цільовою аудиторією, ведення професійної наукової дискусії.
- Письмово відображувати та презентувати результати своїх досліджень українською мовою.

Автономність і відповідальність:

Демонструвати здатність до адаптації та дії в новій ситуації, пов'язаній з роботою за фахом, вміння генерувати нові ідеї в області наук про Землю.

Форми викладання і навчання:

- лекція,
- семінар,
- самостійна робота.

Організація оцінювання.

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами виступів на семінарських заняттях, доповнень, виконання завдань самостійної роботи, проміжного контролю (бліц-опитувань, тестів), написання тематичних контрольних робіт, іспиту. Питома вага результатів навчання у підсумковій оцінці за умови її опанування на належному рівні така:

- результати навчання (знання) – до 54%;
- результати навчання (вміння) – до 32%;
- результати навчання (комунікація) до 6%;
- результати навчання (автономність та відповідальність) – до 8%.

Упродовж вивчення навчальної дисципліни здійснюється семестрове оцінювання: кількість балів, що студент отримує протягом семестру є сумою

балів, що були отримані за відповіді та доповнення на семінарських заняттях, виконання завдань самостійної роботи, бліц-опитування і тести та написання тематичних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі іспиту.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК 1.

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА АЕРОДРОМАХ

Лекція 1. Вступ. Предмет та завдання курсу. Організація та проведення спостережень на аеродромах.

Семінар 1. Регулярні метеорологічні спостереження та регулярні зведення погоди. Спеціальні метеорологічні спостереження та спеціальні зведення погоди.

Лекція 2. Організація роботи авіаційних метеорологічних підрозділів. Призначення, функції. Український авіаційний метеорологічний центр, його функції.

Семінар 2. Метеорологічні спостереження за приземним вітром і включення даних у зведення.

Лекція 3. Метеорологічне обслуговування авіації. Складання метеорологічних зведень та прогнозів. Кодові форми METAR, SPECI, TAF.

Семінар 3. Метеорологічні спостереження за видимістю та включення даних у зведення.

Лекція 4. Організація повітряного руху (верхній низький простір). Класифікація повітряного простору. Ешелони польоту, принципи ешелонування. Зони польотів. Типи аеродромів.

Семінар 4. Визначення дальності видимості на зпс і повідомлення даних у зведеннях.

Лекція 5. Основи аеродинаміки польоту повітряних суден. Баланс сил що діють на літак у повітрі. Сила лобового опору, підйомна сила. Повітряна швидкість. Кути атаки у різних стадіях польоту.

Семінар 5. Метеорологічні спостереження за поточною погодою та включення даних у зведення.

Лекція 6. Метеорологічний радіолокатор (МРЛ). Теоретичні основи. Використання даних МРЛ для діагнозу і прогнозу хмарності, опадів, конвективних осередків і окремих явищ.

Семінар 6. Метеорологічні спостереження за хмарністю та включення даних у зведення.

Лекція 7. Струминні течії та їх аеронавігаційне значення. Струминні течії верхньої тропосфери. Аеронавігаційне значення СТ.

Семінар 7. Метеорологічні спостереження за температурою повітря, температурою точки роси та включення даних у зведення.

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК 2.

ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ЯВИЩ ПОГОДИ НА ПОЛЬОТИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Лекція 8. Вплив температури повітря та густини повітря на політ повітряних суден (ПС). Розрахунок аеродинамічної тяги, довжини пробігу, повітряної швидкості, витрати палива. Вплив температури та густини повітря.

Семінар 8. Метеорологічні спостереження за значеннями атмосферного тиску і включення даних у зведення.

Лекція 9. Вплив вітру на польоти повітряних суден. Повітряна, шляхова швидкості. Навігаційний трикутник. Еквівалентний вітер. Методи розрахунку.

Семінар 9. Додаткова та допоміжна інформація у зведеннях про погоду.

Лекція 10. Типи турбулентності. Динамічна, механічна, орографічна турбулентність. Розрахункові критерії. Турбулентність ясного неба (ТЯН).

Семінар 10. Спостереження та донесення з борту повітряних суден.

Лекція 11. Бовтанка ПС, та її прогноз. Синоптичні умови виникнення бовтанки. Класифікація, чисельний критерій.

Семінар 11. Метеорологічне обслуговування експлуатантів та членів льотного екіпажу.

Лекція 12. Зледеніння літака та його прогноз. Класифікація відкладень льоду на ПС та ЗПС. Метеорологічні і синоптичні умови формування. Авіаційний прогноз зледеніння.

Семінар 12. Робота зі щоденником погоди ав-6

Лекція 13. Вплив конвективних явищ на польоти. Грози, шквали, смерчі як небезпечні явища для авіації. Методи ідентифікації: синоптичні, дистанційні, радіолокаційні.

Семінар 13. Авіаційні прогнози погоди.

Лекція 14. Небезпечні метеорологічні явища, що погіршують видимість та їх вплив на польоти повітряних суден.

Семінар 14. Прогнози явищ для авіації.

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК 1.

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ НА АЕРОДРОМАХ

Лекція 1. Вступ. Предмет та завдання курсу. Організація та проведення спостережень на аеродромах.

Опорний конспект лекції

Авіаційна метеорологія – прикладна метеорологічна дисципліна, що вивчає вплив метеорологічних умов і атмосферних явищ на авіаційну техніку та польоти, розробляє методики прогнозування погоди на трасах польотів та на аеродромах. Авіаційна метеорологія розробляє питання забезпечення безпеки польотів, регулярності руху повітряних суден і ефективності застосування техніки за різних погодних умов.

Авіаційна метеорологія є теоретичною основою авіаметеообслуговування. Вона тісно пов'язана з іншими науковими дисциплінами – фізикою атмосфери, синоптичною метеорологією, аерологією, аеродинамікою, теорією літаководіння і повітряної навігації, космонавтикою та ін. Спираючись на методи і результати досліджень цих наук, авіаційна метеорологія розглядає відповідні питання з погляду потреб авіації.

Зліт та посадка літаків та гелікоптерів, їх пілотування, комфортабельність і безпека польотів, ефективність льотних завдань залежать від стану хмарності та пов'язаних з хмарами метеорологічних явищ. Безпеку польотів на великих висотах неможливо забезпечити без урахування впливу температури, густини повітря та інших характеристик фізичного стану атмосфери.

З розвитком математики та обчислювальної техніки з'являються реальні можливості автоматизувати метеорологічне забезпечення сучасної цивільної авіації. Знання авіаційної метеорології є необхідною умовою успішної роботи інженера-метеоролога при метеорологічному обслуговуванні авіації.

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

При вивченні впливу метеорологічних умов на авіаційну техніку авіаційна метеорологія використовує досягнення: - аеродинаміки, - теорії літаководіння, - повітряної навігації, - радіометеорології, - космонавтики та інших наук. Авіаційна метеорологія пов'язана з синоптичною метеорологією, кліматологією, фізикою атмосфери, супутниковою метеорологією, спеціалізованими прогнозами погоди та іншими розділами метеорології.

Численні польоти-дослідження сучасних літаків дозволили мати інформацію про поля хмар, вітру та турбулентності у вільній атмосфері. Збільшення дальності, швидкості та висоти польотів, вдосконалення

авіаційної техніки та оснащення аеродромів приводять до необхідності детального вивчення та врахування впливу навколишнього середовища на польоти повітряних суден. Сьогодні у зв'язку з масовими польотами реактивних літаків на різних висотах особливого значення набуває облік метеорологічних чинників при інженерно-штурманських розрахунках для більш ефективного використання льотно-технічних даних повітряних суден. Сучасні реактивні літаки мають швидкість польоту більшу, ніж швидкість звуку та вийшли за межі тропосфери.

Метою метеорологічного обслуговування ЦА є сприяння безпечній, регулярній та ефективній аеронавігації.

Ця мета досягається шляхом постачання метеорологічної інформації, яка потрібна для виконання своїх функцій: експлуатантам, членам льотних екіпажів, органам обслуговування повітряного руху, органам пошуково-рятувальної служби, адміністраціям аеропортів та іншим організаціям, діяльність яких пов'язана зі здійсненням або розвитком аеронавігації.

Метеорологічне обслуговування експлуатантів, членів льотних екіпажів, органів ОПР, адміністрацій аеропортів та інших суб'єктів авіаційної галузі, діяльність яких пов'язана з плануванням, забезпеченням та виконанням польотів ПС, організують та здійснюють провайдери метеорологічного обслуговування відповідно до вимог Авіаційних правил України та інших нормативно-правових актів в частині метеорологічного обслуговування ЦА з урахуванням вимог документів міжнародних авіаційних організацій та документів ВМО.

Виконання польотів ПС ЦА або обслуговування повітряного руху ПС ЦА без метеорологічного обслуговування забороняється.

Провайдери метеорологічного обслуговування здійснюють метеорологічне обслуговування ЦА через аеродромні метеорологічні органи та органи метеорологічного стеження.

Напрями діяльності провайдерів з метеорологічного обслуговування ЦА:

1) метеорологічні спостереження на аеродромі та надання метеорологічної інформації про стан погодних умов на аеродромі відповідним користувачам: органам обслуговування повітряного руху, експлуатантам та аеродромним службам;

2) метеорологічне обслуговування польотів ПС в районі аеродрому, зльотів та посадок ПС на аеродромі;

3) збір, обробка, узагальнення та надання метеорологічної інформації експлуатантам або членам льотних екіпажів;

4) прогностичне обслуговування - розробка, складання та постачання авіаційних прогнозів погоди органам ОПР та експлуатантам;

5) передпольотне інформаційне обслуговування - комплекс заходів, спрямованих на забезпечення користувачів повітряного простору метеорологічною інформацією, необхідною для підготовки та виконання польоту;

б) стеження за погодними умовами та метеорологічне обслуговування польотів ПС у визначеній частині повітряного простору;

7) підготовка та надання кліматичної інформації.

Провайдери метеорологічного обслуговування можуть здійснювати діяльність за одним, кількома або всіма зазначеними напрямками.

Метеорологічні спостереження за погодою на аеродромі здійснюються у відповідності з вимогами Авіаційних правил України «Метеорологічне обслуговування цивільної авіації», «Інструкції з метеорологічного обслуговування польотів ПС на аеродромі», Настанови гідрометеорологічним станціям і постам та регламентуючих документів.

Безпосередньо метеорологічне забезпечення ЦА здійснюється наступними оперативними органами, які знаходяться в аеропортах (на аеродромах):

- головний авіаметеорологічний центр (ГАМЦ) – в Україні у Києві (УАМЦ);
- зональні авіаметеорологічні центри (ЗАМЦ) – Одеса, Сімферополь, Харків, Дніпропетровськ та Львів у межах України;
- авіаційні метеорологічні центри (АМЦ);
- авіаметеорологічні станції (АМСЦ) I, II, III IV розрядів;
- оперативні групи (ОГ);
- авіаметеорологічні пости (АМП).

Головний авіаметеорологічний центр (ГАМЦ) виконує наступні виробничі задачі:

1. Здійснює метеорологічне забезпечення польотів ПС по авіатрасам й у Київській повітряній зоні.
2. Забезпечує ЗАМЦ, АМСЦ і ОГ: - авіаційними прогностичними картами (АПК); - прогнозами погоди; - попередженнями про небезпечні для авіації явища погоди; - метеорологічною інформацією.
3. Здійснює взаємообмін метеорологічною інформацією за допомогою сучасних інформаційних технологій.
4. Проводить регіональні дослідження з авіаційної метеорології, випробування нових методів прогнозу метеорологічних елементів і пробних зразків метеорологічного обладнання, яке призначене для оперативної мережі.
5. Здійснює оперативно-методичні інспекції ЗАМЦ і АМСЦ.
6. Організовує на своїй базі стажування спеціалістів АМСЦ з опанування ними нових форм та методів метеорологічного забезпечення авіації.
7. Забезпечує центральну диспетчерську службу всіма метеорологічними матеріалами (консультаціями, прогнозами погоди, штормовими попередженнями, інформацією про фактичну погоду на місцевих та міжнародних повітряних трасах, аеропортах зльоту, посадки та запасних).

Зональні авіаметеорологічні центри (ЗАМЦ) виконують виробничі задачі, які аналогічні задачам ГАМЦ, на закріпленій за ними території.

Авіаметеорологічні станції I, II і III розрядів та ОГ виконують такі виробничі задачі:

- здійснюють безпосереднє метеорологічне забезпечення польотів ПС за трасами, районами польотів та по району свого аеродрому;
- забезпечують АМСЦ, ОГ та АМП, які до них прикріплені, прогнозами погоди й попередженнями про небезпечні для авіації явища;
- проводять випробування та уточнення нових методів прогнозу метеорологічних елементів;
- навчають та інструктують працівників ЦА, які залучені до виконання спостережень за погодою на аеродромах;
- контролюють інформаційну роботу та якість спостережень за погодою на гідрометеостанціях та постах, які залучені до подачі метеоінформації на адресу АМСЦ;
- проводять заняття з авіаційної метеорології з льотним та диспетчерським складом служби руху підрозділів ЦА;
- виконують оцінку справджуваності прогнозів погоди й штормових попереджень;

Зональні авіаметеорологічні центри (ЗАМЦ) виконують виробничі задачі, які аналогічні задачам ГАМЦ, на закріпленій за ними території.

Авіаметеорологічні станції I, II і III розрядів та ОГ виконують такі виробничі задачі:

- здійснюють безпосереднє метеорологічне забезпечення польотів ПС за трасами, районами польотів та по району свого аеродрому;
- забезпечують АМСЦ, ОГ та АМП, які до них прикріплені, прогнозами погоди й попередженнями про небезпечні для авіації явища;
- проводять випробування та уточнення нових методів прогнозу метеорологічних елементів;
- навчають та інструктують працівників ЦА, які залучені до виконання спостережень за погодою на аеродромах;
- контролюють інформаційну роботу та якість спостережень за погодою на гідрометеостанціях та постах, які залучені до подачі метеоінформації на адресу АМСЦ;
- проводять заняття з авіаційної метеорології з льотним та диспетчерським складом служби руху підрозділів ЦА;
- виконують оцінку справджуваності прогнозів погоди й штормових попереджень;
- ведуть облік повернень літаків та їх посадок на запасні аеродроми з метеорологічних умов;
- аналізують невинуваті прогнози погоди;
- проводять інспекції АМСЦ нижчих розрядів;
- здійснюють контроль за роботою метеорологічних приладів, які використовуються працівниками ЦА, та ремонтують їх;
- проводять дослідницькі роботи по вивченню синоптико-кліматичних особливостей району свого аеропорту і трас, що обслуговуються;
- проводять технічне навчання по підвищенню кваліфікації складу АМСЦ.

Авіаметеорологічні станції IV розряду прогностичної роботи не ведуть. Вони забезпечують командний, льотний та диспетчерський склад служби руху інформацією про фактичну погоду, а також прогнозами погоди і попередженнями про небезпечні для авіації метеорологічні явища, отриманими від прогностичних органів, до яких вони відносяться.

Авіаційні метеорологічні пости проводять спостереження за фактичною погодою і забезпечують цими даними начальників аеропортів, а також передають їх до базового аеропорту.

Семинар 1. Регулярні метеорологічні спостереження та регулярні зведення погоди. Спеціальні метеорологічні спостереження та спеціальні зведення погоди.

1. Проведення регулярних метеорологічних спостережень на аеродромах.
2. Кодування та випуск регулярних зведень про погоду.
3. Проведення спеціальних метеорологічних спостережень на аеродромах.
4. Кодування та випуск спеціальних зведень про погоду.
5. Код METAR.

Лекція 2. Організація роботи авіаційних метеорологічних підрозділів. Призначення, функції. Український авіаційний метеорологічний центр, його функції.

Опорний конспект лекції

До метеорологічних органів належать:

- 1) аеродромні метеорологічні органи: авіаційні метеорологічні центри, авіаційні метеорологічні станції цивільні із синоптичним розділом робіт, авіаційні метеорологічні станції цивільні без синоптичного розділу робіт, авіаційні метеорологічні органи підприємств, організацій та установ;
- 2) органи метеорологічного стеження.

Аеродромний метеорологічний орган із синоптичним розділом робіт виконує такі функції:

- 1) проводить регулярні спостереження через фіксовані проміжки часу за метеорологічними елементами та постійне стеження за умовами погоди на аеродромі і забезпечує складання та передачу метеорологічних зведень авіаційним споживачам;
- 2) складає прогнози погоди по аеродрому, прогнози для посадки TREND, попередження по аеродрому та попередження про зсув вітру;
- 3) отримує прогнози та іншу відповідну метеорологічну інформацію для обслуговування польотів повітряних суден;
- 4) проводить інструктаж, надає метеорологічну консультацію, готує та надає польотну метеорологічну документацію членам льотного екіпажу та/або іншому авіаційному персоналу, пов'язаному з виконанням польотів;
- 5) проводить показ наявної метеорологічної інформації;

- 6) розповсюджує зведення погоди, прогнози та іншу метеорологічну інформацію на аеродромі та за його межами;
- 7) здійснює обмін метеорологічною інформацією з іншими метеорологічними органами;
- 8) проводить інструктаж чергової зміни органу ОПП на своєму аеродромі та аеродромах, які обслуговує;
- 9) постачає органам ОПП, органам служби аеронавігаційної інформації та органу метеорологічного стеження (на узгоджених умовах між провайдером метеорологічного обслуговування, органами ОПП та САІ) отриману інформацію про хмари вулканічного попелу;
- 10) надає авіаційному координаційному центру пошуково-рятувальних робіт необхідну інформацію та консультації.

Аеродромні метеорологічні органи із синоптичним розділом робіт, що здійснюють обслуговування аеронавігації, можуть бути розташовані як на аеродромах, так і за їх межами.

Аеродромний метеорологічний орган, який не має синоптичного розділу робіт, виконує такі функції:

- 1) проводить регулярні спостереження через фіксовані проміжки часу за метеорологічними елементами та здійснює постійне стеження за погодними умовами на аеродромі і забезпечує складання та передачу метеорологічних зведень авіаційним користувачам;
- 2) отримує прогнози погоди по аеродрому та прогнози TREND, попередження по аеродрому, попередження про очікуваний зсув вітру для свого аеродрому від метеорологічного органу, що здійснює прогностичне обслуговування цього аеродрому;
- 3) надає експлуатантам на аеродромі зведення погоди, прогнози та попередження по аеродрому, а також метеорологічну інформацію, отриману від інших метеорологічних органів;
- 4) здійснює обмін метеорологічною інформацією з іншими метеорологічними органами.

Метеорологічне обслуговування ЦА на маршрутах польотів, РДЦ, центрів (секторів) польотної інформації здійснюють органи метеорологічного стеження. Орган метеорологічного стеження виконує такі функції:

- 1) здійснює постійне стеження за метеорологічними умовами, що впливають на виконання польотів в межах району, за метеорологічне обслуговування якого є відповідальним;
- 2) складає інформацію SIGMET (у відповідному випадку - спеціальне повідомлення з борту ПС) та іншу метеорологічну інформацію для району, за метеорологічне обслуговування якого є відповідальним, і забезпечує ними відповідні органи ОПП;
- 3) складає інформацію AIRMET, зональні прогнози GAMET та корективи до них для району, за метеорологічне обслуговування якого є відповідальним, і забезпечує ними відповідні органи ОПП;
- 4) постачає відповідним органам ОПП іншу метеорологічну інформацію (прогнози вітру / температури повітря на висотах, прогнози особливих явищ

погоди в межах району польотної інформації, зведення та прогнози погоди по відповідних аеродромах тощо);

5) розповсюджує складену інформацію SIGMET, AIRMET, спеціальні повідомлення з борту ПС та зональні прогнози GAMET;

6) надає РДЦ, а також VAAC Тулуза або VAAC Лондон, отриману інформацію про хмару вулканічного попелу, щодо якої ще не було випущено повідомлення SIGMET в межах району, за метеорологічне обслуговування якого є відповідальним;

7) надає РДЦ та САІ отриману в установленому порядку інформацію про викиди радіоактивних речовин в атмосферу в межах району, за метеорологічне обслуговування якого є відповідальним, або в межах суміжних районів. Ця інформація має містити дані про місцезнаходження, дату та час викиду, а також прогноз траєкторії переміщення радіоактивних речовин;

8) проводить інструктаж чергової зміни РДЦ та інших органів ОНР, що функціонують в межах FIR;

9) надає авіаційному координаційному центру пошуково-рятувальних робіт необхідну метеорологічну інформацію та консультації;

10) аналізує відповідність прогнозів особливих явищ погоди ВСЗП фактичним умовам погоди в районі, за метеорологічне обслуговування якого є відповідальним, та інформує ВЦЗП Лондон про виявлені істотні невідповідності, якщо вони стосуються обледеніння, турбулентності, купчасто-дощових хмар, які є прихованими, частими, замаскованими, або якщо вони утворюють лінію шквалу, піщаних/пилових бур, а також вулканічних вивержень, радіоактивних викидів, що мають значення для польотів ПС.

Взаємодія метеорологічних органів цивільної авіації та державної авіації здійснюється на підставі інструкції з метеорологічного обслуговування/забезпечення польотів повітряних суден на аеродромі спільного використання.

За умови початку, припинення функціонування провайдера метеорологічного обслуговування, значних змін режиму його роботи або погіршення послуг, які він надає, готується інформація з описом змін у метеорологічному обслуговуванні та надається органу / посадовій особі, який є відповідальним за випуск NOTAM.

Взаємодія між провайдерами метеорологічного обслуговування та органами обслуговування повітряного руху

Між провайдером метеорологічного обслуговування та відповідним органом ОНР узгоджуються:

1) забезпечення наявності в органах ОНР дисплеїв для відображення інформації АСМС (АМС);

2) повірка, калібрування та технічне обслуговування ПД, дисплеїв або показчиків значень метеорологічних величин автономних метеорологічних приладів;

3) використання ПД, дисплеїв або показчиків автономних метеорологічних приладів персоналом органів ОНР;

4) надання метеорологічної інформації, яка надходить з борту ПС, що виконує зліт або посадку (наприклад, про зсув вітру);

5) надання (за наявності) метеорологічної інформації, яка надходить від метеорологічного радіолокатора.

Інформація щодо метеорологічного обслуговування органів ОНР на аеродромі, місцеві особливості метеорологічного обслуговування узгоджуються на локальному рівні та вносяться до інструкції з метеорологічного обслуговування польотів ПС на аеродромі.

«ДП «УАМЦ» є спеціалізованим державним підприємством з метеорологічного обслуговування авіації на аеродромах Київ/Бориспіль, Київ/Жуляни, Київ/Антонов-1 та Київ/Антонов-2, що входить у сферу управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій

Перше державне підприємство в системі гідрометслужби України є спеціалізованим державним підприємством з метеорологічного обслуговування авіації, яке засноване на державній власності і входить у сферу управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Протягом року ДП «УАМЦ» загалом обслуговує більше 50 тисяч літако-вильотів, які виконують близько 100 авіакомпаній.

Семінар 2. Метеорологічні спостереження за приземним вітром і включення даних у зведення.

1. Організація спостережень за приземним вітром на аеродромах.
2. Аеродромне обладнання для спостережень за приземним вітром.
3. Правила та особливості кодування даних приземного вітру в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.
4. Зсув вітру, попередження про зсув вітру та особливості кодування у зведеннях про погоду.
5. Вітер на висоті круга.

Лекція 3. Метеорологічне обслуговування авіації. Складання метеорологічних зведень та прогнозів. Кодові форми METAR, SPECI, TAF.

Опорний конспект лекції

Вимоги до метеорологічної інформації

Експлуатантам і членам льотного екіпажу постачається метеорологічна інформація для:

- 1) здійснення експлуатантами передпольотного планування;
- 2) здійснення експлуатантами перепланування в польоті з використанням системи централізованого керівництва виконанням польотів;
- 3) використання членами льотного екіпажу перед вильотом;
- 4) ПС, що знаходяться в польоті;
- 5) виконання зльотів та посадок на аеродромах України.

Метеорологічна інформація, яка надається експлуатантам та членам льотного екіпажу, відповідає польотним вимогам щодо часу, висоти польоту та географічної протяжності маршруту. Ця інформація стосується визначеного моменту або періоду часу і є достатньою для забезпечення польоту до аеродрому наміченої посадки. Інформація також містить дані про очікувані метеорологічні умови на відрізку маршруту між аеродромом наміченої посадки і запасними аеродромами, призначеними експлуатантом.

Метеорологічна інформація, якою постачаються експлуатанти та члени льотного екіпажу, має містити останні дані та включати відомості, види та обсяги яких визначаються на підставі консультацій між експлуатантами та провайдерами метеорологічного обслуговування:

1) прогнози:

вітру / температури повітря на висотах;

вологості повітря на висотах;

геопотенційної абсолютної висоти ешелонів польоту;

висоти тропопаузи в одиницях ешелону польоту та температури тропопаузи;

напрямку, швидкості максимального вітру та його висоти в одиницях ешелону польоту;

явищ SIGWX;

купчасто-дощових хмар, обледеніння та турбулентності.

Прогнози вологості повітря на висотах та геопотенційної абсолютної висоти ешелонів польоту використовуються тільки під час планування польотів за допомогою автоматичних систем та не використовуються для показу.

Прогнози купчасто-дощових хмар, обледеніння та турбулентності призначені для обробки і (за потреби) для візуалізації згідно з конкретними пороговими значеннями, які належать до операцій користувачів;

2) зведення METAR або SPECI (включно прогнози TREND) по аеродромах вильоту та запланованої посадки, а також по запасних аеродромах вильоту, на маршруті польоту та аеродрому призначення;

3) прогнози TAF або скореговані прогнози TAF по аеродромах вильоту та запланованої посадки, а також для запасних аеродромів вильоту, на маршруті польоту та призначення;

4) прогнози для зльоту;

5) інформацію SIGMET та відповідні спеціальні донесення з борту ПС щодо всього маршруту.

До відповідних спеціальних донесень з борту ПС належать донесення, які не було використано для підготовки інформації SIGMET;

6) консультативну інформацію про вулканічний попіл та тропічні циклони для всього маршруту польоту;

7) зональні прогнози GAMET та/або зональні прогнози для польотів на низьких рівнях у вигляді карти, підготовленої на доповнення до інформації AIRMET, а також інформацію AIRMET для польотів на низьких рівнях, які належать до всього маршруту польоту;

8) попередження по аеродрому вильоту;

- 9) зображення, отримані з метеорологічних супутників;
- 10) дані наземних метеорологічних радіолокаторів.

Прогнози вітру/температури повітря на висотах та явищ погоди SIGWX вище FL100, які потрібні для здійснення експлуатантом передпольотного планування та перепланування в польоті, надаються експлуатантам відразу після їх отримання і не пізніше ніж за 3 години до вильоту. Інша метеорологічна інформація, необхідна експлуатантам для передпольотного планування та перепланування в польоті, надається якомога раніше.

Місце та час надання експлуатантам та членам льотного екіпажу метеорологічної інформації визначаються на підставі консультацій провайдера метеорологічного обслуговування та відповідних експлуатантів.

Аеродромні метеорологічні органи здійснюють регулярні спостереження за погодою на аеродромі через фіксовані проміжки часу за всесвітнім скоординованим часом (UTC). У випадках, коли мають місце визначені зміни приземного вітру, видимості, дальності видимості на ЗПС, поточної погоди, хмарності та температури повітря, регулярні спостереження на аеродромах доповнюються спеціальними спостереженнями.

Спостереження проводяться в місцях, які розташовані та обладнані так, щоб забезпечувати надання даних, репрезентативних для ЗПС або комплексу ЗПС, якщо використовується кілька ЗПС.

З місця візуальних спостережень забезпечується огляд льотного поля.

Результати вимірювань метеорологічних елементів метеорологічними датчиками, встановленими на різних ділянках аеродрому, доводяться до пункту спостережень (робочого приміщення фахівця, що проводить метеорологічні спостереження).

На аеродромах із ЗПС, призначених для виконання заходження на посадку й посадок за приладами за категоріями I, II та III ІКАО, встановлюються автоматизовані системи метеорологічних спостережень для забезпечення автоматичного отримання, обробки, поширення каналами зв'язку й відображення в реальному часі результатів вимірювань напрямку та швидкості приземного вітру, видимості, дальності видимості на ЗПС, ВНМХ (вертикальної видимості), температури повітря, точки роси та атмосферного тиску.

При розробці або модернізації автоматизованих систем метеорологічних спостережень враховуються аспекти людського фактора, забезпечуються процедури резервування.

В АСМС забезпечується технічна функція ручного введення даних спостережень за метеорологічними елементами, які неможливо спостерігати за допомогою автоматичних засобів або за відсутності окремих автоматичних засобів проведення спостережень.

АМС, що забезпечують автоматичне отримання, обробку, поширення каналами зв'язку й відображення в реальному часі результатів метеорологічних спостережень та зведень погоди, можуть встановлюватися на аеродромах з обмеженим періодом роботи за погодженням з аеродромним метеорологічним органом, що здійснює прогностичне обслуговування

відповідного аеродрому. Зведення погоди, які отримуються від АМС, позначаються словом АУТО.

При передачі метеорологічної інформації від АСМС на погодні дисплеї, встановлені на робочих місцях органів ОПР, при її відображенні кожна метеорологічна величина супроводжується відповідним позначенням місця проведення спостереження. Ці дані мають бути ідентичними даним, що відображаються на погодних дисплеях фахівців, які здійснюють спостереження за погодою, і відображаються паралельно з ними.

При використанні в органах ОПР дисплеїв автономних метеорологічних приладів вони приєднуються до одних і тих самих датчиків, що і дисплеї, встановлені на пункті спостережень. Якщо для вимірювання використовується більше ніж один датчик, відповідні дисплеї маркуються для позначення ЗПС та її частини, що контролюється кожним датчиком.

Аеродромний метеорологічний орган терміново інформує керівника польотів АДВ або орган АFIS, відповідальну особу аеродрому/аеропорту про вихід з ладу АСМС або їх складових: датчиків для вимірювання напрямку та швидкості вітру, ВНМХ, видимості або відповідних автономних метеорологічних приладів. Якщо вихід з ладу метеорологічного аеродромного обладнання призводить до значних змін режиму роботи провайдера метеорологічного обслуговування, вживаються заходи із своєчасного попередження про зміни у метеорологічному обслуговуванні польотів ПС на аеродромі та надаються пропозиції щодо інформування персоналу, пов'язаного з виконанням польотів.

Результати метеорологічних спостережень є основою для складання зведень погоди, які підлягають поширенню на аеродромі та поза його межами.

У зв'язку з мінливістю метеорологічних елементів у просторі й часі, а також через недосконалість методики спостереження й визначення деяких елементів конкретне значення будь-якого зазначеного елемента у зведенні погоди слід розглядати тільки як максимально наближене до дійсних умов, що мали місце в момент спостережень.

Власник аеродромного метеорологічного обладнання та приладів, що розміщені на аеродромі, організовує їх повірку, калібрування, здійснює технічне обслуговування, ремонт і встановлення на аеродромі відповідно до нормативних документів.

Провайдером метеорологічного обслуговування здійснюються інспекції з метою оцінки технічного стану, відповідності складу та розміщення метеорологічного аеродромного обладнання нормативним документам, а також перевірки організації його експлуатації та виконання технічного обслуговування.

Види та обсяг метеорологічної інформації, форми і засоби її доведення користувачам на аеродромі та поза його межами відповідно до вимог Авіаційних правил України відображаються в інструкції з метеорологічного обслуговування польотів ПС на аеродромі. Інструкція розробляється провайдером метеорологічного обслуговування польотів ПС на аеродромі,

погоджується з провайдером ОНР та затверджується керівником експлуатанта аеродрому/аеропорту.

Регулярні метеорологічні спостереження та регулярні зведення погоди.

На аеродромах, які використовуються для виконання регулярних рейсів або як запасні аеродроми при виконанні регулярних рейсів, регулярні метеорологічні спостереження проводяться через кожні 30 хвилин. Зведення про погоду випускаються в 00.00 і через 30 хвилин щогодини щодня цілодобово або в інший період, узгоджений з органами ОНР аеродрому.

За відсутності польотів на аеродромах регулярні спостереження проводяться через кожну годину, а у період виконання польотів - через кожні 30 хвилин.

Повідомлення про результати регулярних метеорологічних спостережень випускаються у форматі таких зведень погоди:

- 1) регулярні зведення METAR для поширення за межі аеродрому складання зведень, призначені переважно для планування польотів та передач VOLMET;
- 2) місцеві регулярні зведення для поширення лише на аеродромі складання зведень, призначені для ПС, що вилітають і прибувають, а також для використання в ДВЧ-радіомовних передачах ATIS.

Випуск зведень METAR та місцевих регулярних зведень здійснюється після закінчення спостережень за умовами погоди на аеродромі.

На аеродромах з обмеженим періодом роботи випуск зведень METAR розпочинається щонайменше за 2 години до початку роботи аеродрому або за узгодженням між аеродромним метеорологічним органом - зацікавленими експлуатантами та органами ОНР із більшим або меншим періодом завчасності.

Зразок зведень у кодовій формі METAR та місцевого регулярного зведення MET REPORT, діапазони та дискретність передачі цифрових елементів, що включаються до зведень про погоду на аеродромі, наведено в додатку 1.

Місцеві регулярні зведення передаються органам ОНР, надаються експлуатантам та іншим користувачам на аеродромі.

Зведення METAR і MET REPORT формуються автоматично за результатами ручного введення даних та показниками датчиків. Зведення MET REPORT у строк 00 та 30 хвилин кожної години передаються автоматично. Для передавання зведень METAR використовуються два режими передачі.

При роботі в автоматичному режимі передавання зведень METAR в 00 та 30 хвилин кожної години здійснюється автоматично. Технік-метеоролог не викликає редактор телеграм «Запись строка», цей редактор вийде самостійно на головному вікні системи і зведення METAR відправиться в лінії зв'язку автоматично.

Якщо є необхідність корекції зведення METAR, то технік-метеоролог натискає на кнопку «Задержать телеграмму» (в лівому верхньому куті

редактора телеграм), вносить корекцію в групах явищ поточної погоди, кількості, форми хмар, видимості (якщо видимість визначена візуально), додаткової інформації та стану ЗПС. Для подальшого передавання зведення METAR у лінії зв'язку технік-метеоролог натискає на кнопку «Передача телеграммы в выбранный канал связи».

Якщо система автоматично, або технік-метеоролог випустили зведення MET REPORT з помилкою, в такому випадку технік-метеоролог виправляє помилку і відправляє зведення SPECIAL, яке буде вважатися, як коректив на випущене зведення з помилкою.

При роботі в ручному режимі – технік-метеоролог передає зведення METAR вручну, не викликає редактор телеграм «Запись срока», цей редактор вийде автоматично на головному вікні системи. Для відправлення зведення METAR у лінії зв'язку технік-метеоролог натискає клавішею миші на кнопку «Передача телеграммы в выбранный канал связи».

Якщо технік-метеоролог помітив помилку у переданому зведенні METAR, він викликає редактор телеграм, натиснувши на піктограму «Передача данных», цей редактор вийде на головному вікні системи, вибирає зведення METAR COR та коригує зведення вручну. Для відправлення зведення METAR COR у лінії зв'язку технік-метеоролог натискає клавішею миші на кнопку «Передача телеграммы в выбранный канал связи».

Виправлення до зведень METAR COR потрібно відправляти:

- METAR COR за 00 хвилин до 20-ої хвилини;
- METAR COR за 30 хвилин до 50-ої хвилини.

Якщо зведення METAR по технічним причинам або по вині техника-метеоролога не відправлено в термін 4 хвилин після контрольного строку, тоді технік-метеоролог відправляє запізніле зведення METAR RTD. Для цього викликає редактор телеграм, вибирає зведення METAR RTD, перевіряє зведення. Для відправлення зведення в лінію зв'язку технік-метеоролог натискає клавішею миші на кнопку «Передача телеграммы в выбранный канал связи».

Спеціальні метеорологічні спостереження та спеціальні зведення погоди.

При переході через граничні значення даних вітру, видимості, дальності видимості на ЗПС, висоти хмарності, вертикальної видимості (штормові критерії для передачі SPECIAL), температури повітря, при появі, зміні інтенсивності та закінчені небезпечного явища погоди, при отриманні інформації про обледеніння, турбулентність, фактичний зсув вітру, при зміні курсу, прогнозу погоди для посадки TREND або стану ЗПС зведення SPECIAL відправляються автоматично.

Перелік критеріїв для проведення спеціальних спостережень складає провайдер метеорологічного обслуговування на підставі консультацій з відповідним органом ОПР, експлуатантами та іншими зацікавленими сторонами.

Зведення про результати спеціальних спостережень випускаються у вигляді:

- 1) місцевих спеціальних зведень, які розповсюджуються тільки на аеродромі складання зведення (призначені для повітряних суден, які прибувають або відлітають),
- 2) зведень SPECI, які розповсюджуються за межі аеродрому складання зведення (в основному призначені для планування польотів, радіомовних передач VOLMET та повідомлень D-VOLMET), за винятком випадків, коли зведення METAR випускаються з інтервалом 30 хвилин.

На аеродромах, які працюють у нецілодобовому режимі, зведення SPECI випускаються після поновлення випуску зведень METAR.

Перелік критеріїв для випуску місцевих спеціальних зведень погоди включає:

- 1) величини, які найбільш близько відповідають експлуатаційним мінімумам експлуатантів, які використовують певний аеродром;
- 2) величини, які відповідають іншим місцевим вимогам органів ОПР та експлуатантів;
- 3) підвищення температури повітря на 2° C або більше порівняно зі значенням, вказаним в останньому зведенні погоди, починаючи з $+30^{\circ}$ C, або альтернативні граничні значення, узгоджені з органом ОПР та експлуатантами, які використовують цей аеродром;
- 4) наявну додаткову інформацію щодо особливих метеорологічних явищ/умов погоди, які виникають у зонах заходження на посадку та набору висоти;
- 5) величини, які є критеріями для складання зведень SPECI.

Зведення SPECI випускаються за умови змін метеорологічних умов, які відповідають таким критеріям:

- 1) середній напрямок приземного вітру змінився на 60° або більше порівняно з напрямком, зазначеним в останньому зведенні, причому середня швидкість до та/або після зміни становить 5 м/с або більше;
- 2) середня швидкість приземного вітру змінилася на 5 м/с або більше порівняно зі швидкістю, зазначеною в останньому зведенні;
- 3) величина відхилення від середньої швидкості приземного вітру (пориви) змінилась на 5 м/с або більше порівняно з величиною, зазначеною в останньому зведенні, при цьому середня швидкість вітру до та/або після зміни становить 7,5 м/с і більше. Якщо у попередньому зведенні немає даних про величину відхилення (порив), спеціальне зведення складається у разі досягнення відхилення (пориву) від середньої швидкості приземного вітру 5 м/с та більше;
- 4) у разі початку, припинення або зміни інтенсивності будь-якого з таких явищ погоди:
 - опади, що замерзають;
 - помірні або сильні опади (у тому числі зливового типу);
 - гроза (з опадами);
- 5) у разі початку або припинення будь-якого з таких явищ погоди:
 - туман, що замерзає;
 - гроза без опадів;

- б) кількість хмар у шарі нижче ніж 450 м змінюється:
- від SCT чи менше до BKN чи OVC або
 - від BKN чи OVC до SCT чи менше;
- 7) зміни напрямку та швидкості вітру перевищують важливі експлуатаційні величини, граничні величини напрямку та швидкості вітру, встановлені провайдером метеорологічного обслуговування на підставі консультації з відповідним органом ОПР, експлуатантом аеродрому та зацікавленими експлуатантами з урахуванням змін вітру, які:
- потребують зміни ЗПС, яка використовується;
 - свідчать, що зміни попутної та бічної складових перевищують значення, які є основними експлуатаційними межами для типових ПС, що виконують польоти на певному аеродромі;
- 8) видимість поліпшується і досягає або перевищує одне чи кілька з таких значень або видимість погіршується й стає меншою одного чи декількох із таких значень:
- 800, 1500 або 3000 метрів;
 - 5000 метрів - у разі виконання значної кількості польотів за ПВП.
- Під видимістю розуміється переважаюча видимість, за винятком випадків, коли, сповіщається тільки мінімальна видимість;
- 9) дальність видимості на ЗПС поліпшується та досягає або перевищує одне чи кілька з таких значень або дальність видимості на ЗПС погіршується й стає меншою одного чи декількох із таких значень:
- 50, 175, 300, 550 чи 800 метрів;
 - на аеродромах із ЗПС, не обладнаних системами точного заходження на посадку й посадок за приладами, значення 50, 175 та 300 метрів можуть не використовуватись;
- 10) у разі початку, припинення або зміни інтенсивності будь-якого з таких явищ погоди:
- пилова буря;
 - піщана буря;
 - воронкоподібна хмара (торнадо чи водяний смерч);
- 11) у разі початку або припинення будь-якого з таких явищ погоди:
- пиловий, піщаний чи сніговий поземок;
 - пилова, піщана чи снігова низова хуртовина;
 - шквал;
- 12) висота нижньої межі нижнього шару хмар кількістю BKN чи OVC збільшується й досягає або перевищує одне чи кілька з таких значень або висота нижньої межі нижнього шару хмар кількістю BKN чи OVC зменшується й стає меншою одного чи декількох із таких значень:
- 30, 60, 150 чи 300 метрів;
 - 450 метрів - у разі виконання значної кількості польотів за ПВП;
- 13) кількість хмар у шарі нижче ніж 450 метрів зміниться:
- від SCT чи менше до BKN чи OVC; або
 - від BKN чи OVC до SCT чи менше;

14) небо закрито і вертикальна видимість поліпшується і досягає або перевищує одне чи кілька з таких значень або вертикальна видимість погіршується й стає меншою за одне чи кілька з таких значень: 30, 60, 150 чи 300 метрів;

15) будь-які інші критерії, що базуються на експлуатаційних мінімумах конкретного аеродрому та погоджені аеродромним метеорологічним органом та заінтересованими експлуатантами.

У випадку, коли одночасно з погіршенням одного елемента погоди спостерігається поліпшення іншого, випускається єдине спеціальне зведення погоди, що вважається зведенням про погіршення погоди.

Якщо система автоматично або технік-метеоролог вручну відправили зведення SPECIAL з помилкою, технік-метеоролог виправляє помилку і відправляє зведення SPECIAL, яке буде вважатися, як коректив на випущене зведення з помилкою до наступного регулярного зведення. Якщо систем автоматично випустила декілька некоректних зведень SPECIAL, технік-метеоролог редагує останнє зведення SPECIAL та відправляє його. Це випущене зведення SPECIAL буде вважатися остаточно вірним.

При переході через штормові критерії для передачі SPECI в інформаційному рядку з'явиться повідомлення «Передайте телеграмму SPECI». Для передачі SPECI технік-метеоролог відкриває піктограму «Вызов SPECI», перевіряє зведення та передає в лінії зв'язку (натискає на кнопку «Передача телеграммы в выбранный канал связи»).

Якщо технік-метеоролог помітив помилку у відправленому зведенні SPECI у групах явищ поточної погоди, кількості, форми хмар, видимості (якщо видимість визначена візуально), додаткової інформації та стану ЗПС, викликає піктограму «Редактор телеграмм», вибирає зведення SPECI COR та коригує зведення вручну. Для відправлення зведення SPECI COR у лінії зв'язку натискає на кнопку «Передача телеграммы в выбранный канал связи».

При виникненні, посиленні, закінченні НЯ та СГЯ (перелік штормових критеріїв для передачі WAREP (Додаток 5)), в інформаційному рядку з'явиться повідомлення «Передайте телеграмму WAREP». Для передачі телеграми WAREP технік-метеоролог відкриває піктограму «Редактор телеграмм», вибирає «WAREP», перевіряє і доповнює телеграму (при необхідності) та передає в лінії зв'язку.

Зміст зведень погоди

Регулярні і спеціальні зведення погоди містять такі елементи:

1) показчик типу зведення (у зведеннях відкритим текстом - назва зведення, наприклад "погода");

2) літерний показчик місцезнаходження аеродрому в кодованих зведеннях та зведеннях MET REPORT, SPECIAL або назва аеродрому в зведенні, що передається відкритим текстом;

3) дата та строк спостереження;

4) показчик автоматичного або відсутнього зведення;

5) напрямок (в місцевих зведеннях з урахуванням магнітного схилення) та швидкість приземного вітру;

- 6) видимість;
- 7) дальність видимості на ЗПС (за наявності розрахунків);
- 8) поточна погода;
- 9) кількість, форма (CB або TCU) і ВНМХ або вертикальна видимість;
- 10) температура повітря і температура точки роси;
- 11) атмосферний тиск QNH (в місцевих зведеннях та зведеннях, що передаються відкритим текстом, може зазначатись додатково тиск QFE);
- 12) додаткова інформація;
- 13) прогноз для посадки TREND (за наявності);
- 14) допоміжна інформація (в зведеннях MET REPORT, SPECIAL на ПД АСМС).

Інформація про видимість, дальність видимості на ЗПС, поточну погоду, кількість, форму хмар та ВНМХ замінюється в усіх зведеннях погоди терміном "CAVOK" (гарні погодні умови), якщо одночасно спостерігаються:

- видимість 10 кілометрів і більше, мінімальна видимість не повідомляється;
- відсутність значимої для польотів хмарності;
- відсутність явищ поточної погоди, які необхідно зазначати.

Зведення MET REPORT та SPECIAL після роздільної групи RMK можуть доповнюватись деякою допоміжною інформацією або ця інформація відображається в окремих вікнах ПД органів ОПП, що здійснюють диспетчерське обслуговування аеродромного руху та підходу або органу AFIS.

Семінар 3. Метеорологічні спостереження за видимістю та включення даних у зведення.

1. Організація спостережень за видимістю на аеродромах.
2. Аеродромне обладнання для спостережень за видимістю.
3. Правила та особливості кодування даних видимості в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.
4. Видимість з авіаційною метою, переважаюча та мінімальна видимість.
5. Орієнтири видимості при візуальних спостереженнях.

Лекція 4. Організація повітряного руху (верхній низький простір). Класифікація повітряного простору. Ешелони польоту, принципи ешелонування. Зони польотів. Типи аеродромів.

Опорний конспект лекції

Організація повітряного простору. Повітряний простір України та повітряний простір над відкритим морем, де відповідальність за обслуговування повітряного руху міжнародними договорами покладена на Україну, визначається та встановлюється відповідно до стандартів та рекомендованої практики ІКАО, документів ЄВРОКОНТРОЛЮ, Повітряного

Кодексу України, Положення про використання повітряного простору України та складається з таких структурних елементів:

- 1 верхній район польотної інформації (UIR KYIV);
- 5 районів польотної інформації (FIR Дніпропетровськ, FIR Київ, FIR Львів, FIR Одеса, FIR Сімферополь);
- диспетчерські райони та зони (UTA, СТА, ТМА, СТР), в яких надається обслуговування повітряного руху органами ОПП;
- військові ТМА, СТР, в яких здійснюється управління повітряним рухом відомчими органами УПП;
- аеродромні зони польотної інформації (AFIZ) – встановлюються для надання польотно-інформаційного та аварійного обслуговування на аеродромах AFIS;
- зони аеродромного руху (ATZ) – встановлюються, як правило, для кожного ЗПМ;
- маршрути ОПП, у тому числі спеціально виділені маршрути для перетинання державного кордону;
- повітряний простір вільних маршрутів (FRA);
- заборонені зони (P), зони обмеження польотів (R), небезпечні зони (D), які встановлюються в районах, де польоти повітряних суден заборонено або обмежено;
- учбові та тренувальні зони (T), які мають статус тимчасово відокремлених районів (TSA) або тимчасово зарезервованих районів (TRA);
- зони з особливим режимом використання повітряного простору, які встановлено вздовж державного кордону та навколо заборонених зон.

Класифікація повітряного простору.

Повітряний простір України та повітряний простір над відкритим морем, де відповідальність за обслуговування повітряного руху міжнародними договорами покладена на Україну, поділяється на контрольований повітряний простір ОПП та повітряний простір поза межами контрольованого повітряного простору ОПП.

Контрольований повітряний простір ОПП України класифікується як класи C та D за стандартами ІКАО, у межах якого забезпечуються усі види ОПП.

Повітряний простір поза межами контрольованого повітряного простору ОПП України поділяється на повітряний простір ОПП, в якому надається за запитом польотно-інформаційне та аварійне обслуговування (повітряний простір ОПП класу G), та некласифікований повітряний простір, де обслуговування повітряного руху не надається.

Класифікацію повітряного простору затверджено наказом Міністерства інфраструктури України від 10.12.2013 № 1009.

Основні райони і зони обслуговування повітряного руху

Відповідно до Стандартів ІСАО весь ПП поділяється на райони польотної інформації. При розподілі ПП авіаційні адміністрації держав домагаються безперервності інформації про рух ПК (безперервності ОНР). Термін обслуговування повітряного руху – АТС - air traffic service у міжнародній практиці ЦА використовується для позначення функціональних обов'язків органу ОНР або виду обслуговування, який виконує цей орган. Кожна країна, у встановленому порядку, повідомляє принципи розподілу свого ПП. Межі між районами польотної інформації розглядаються на регіональній нараді суміжних держав і встановлюються з метою забезпечення безперервності ОНР, особливо на рубежах приймання-передавання керування органу ОНР однієї держави до іншої. Район польотної інформації (FIR, UIR) – ПП у визначених межах, установлених з урахуванням можливостей засобів повітряної навігації і контролю за ПР, що включає ПТ, зони і траєкторії польотів ПК і в якому забезпечується ОНР.

Район польотної інформації нижнього повітряного простору (FIR)

Район польотної інформації нижнього ПП – обсяг ПП у якому на всій його території забезпечується польотно-інформаційне обслуговування й аварійне оповіщення. Центральний орган, відповідальний за ОНР у FIR, – центр польотної інформації (FIC), на який покладено функції польотно-інформаційного обслуговування і аварійного оповіщення у межах зони політної інформації. У деяких випадках окремі центри не створюються, а їхні функції покладено на органи диспетчерської служби, що мають для цього повноваження і відповідні технічні засоби. Нижньою межею FIR є поверхня землі. Там де FIR граничить, по висоті, з районом польотної інформації верхнього ПП (UIR), верхня межа району польотної інформації нижнього ПП є нижня межа UIR і 10 збігається з ешелонам польоту за ПВП. Якщо район польотної інформації верхнього ПП відсутній, то верхньої межі FIR не існує. Райони польотної інформації, звичайно, охоплюють увесь ПП над територією держави. Суміжні райони повинні бути сполучені і, по можливості, розмежовані так, щоб експлуатаційні розуміння, що стосуються структури охоплюваних ними ПТ, мали важливіше значення, ніж збіг їхніх меж з національними межами, рис. 1.1.

За згодою одна держава може передати другій державі відповідальність за організацію і забезпечення обслуговування ПР в районах польотної інформації, що знаходяться над територією першої держави. Держава, яка забезпечує обслуговування над територією держави, що передає відповідальність за обслуговування, робить це відповідно до вимог останньої.

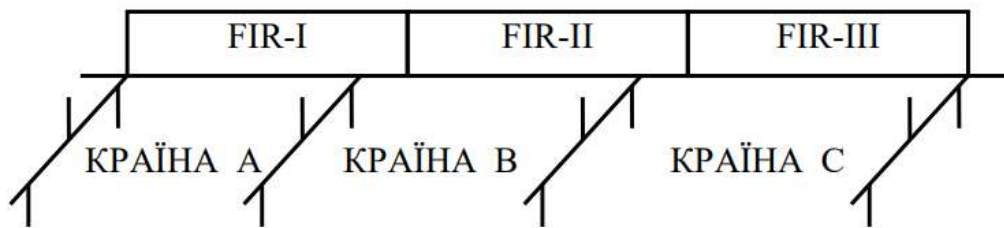


Рис. 1.1. Організація FIR в ПП декількох країн

Коли рішення про забезпечення ОПР прийнято, зацікавлені держави призначають повноважний орган, відповідальний за таке обслуговування. Примітка: Повноважним органом, відповідальним за організацію і забезпечення обслуговування, може бути держава або відповідна установа. Межі районів польотної інформації встановлюються так, щоб охоплювати всю структуру маршрутів ОПР, що підлягають обслуговуванню такими районами. Район польотної інформації включає весь ПП у його межах, крім ПП, що обмежується верхнім районом польотної інформації.

Район польотної інформації верхнього повітряного простору (UIR)

Район польотної інформації верхнього ПП може охоплювати повітряний простір декількох FIR і простягатися в радіусі до 700-1000 км, а у висоті - до 66000 футів (20100 м). У деяких випадках верхня межа UIR не встановлюється. Якщо UIR охоплює ПП більше ніж один FIR, зовнішні межі UIR повинні збігатися із зовнішніми межами розташованих нижче FIR (рис. 1.2). Центральним органом ОПР в UIR є диспетчерський центр обслуговування верхнього ПП (UAC).



Рис. 1.2. Структура ПП з організацією UIR

Диспетчерський район (СТА)

Межі диспетчерських районів встановлюються з таким розрахунком, щоб вони охоплювали ПП, достатній для включення траєкторій тих польотів за ППП або їхніх частин, для яких бажано забезпечувати відповідні види диспетчерського ОПР з урахуванням можливостей технічних засобів навігації й ОПР, що використовуються в цьому районі. У диспетчерському районі, що не утвориться системою повітряних трас, для полегшення функцій ОПР може створюватися система маршрутів.

Диспетчерські райони можуть бути утворені:

а) вузловими диспетчерськими районами (ТМА) для забезпечення контрольованого ПР навколо аеродромів з дуже інтенсивним ПР;

б) взаємозалежними ПР: поперечний розмір яких визначається точністю витримування заданих траєкторій ПК, які виконують по них польоти, з урахуванням розташованих навігаційних засобів і можливостей їхньої експлуатації; вертикальний розмір яких охоплює всі ешелони польотів, для яких потрібне обслуговування;

в) диспетчерськими районами зонального типу, у межах яких встановлені конкретні маршрути ОПР з метою планування потоків і організації упорядкованого ПР;

г) стосовно ПП над океаном, диспетчерські райони можуть бути уведені шляхом створення однієї чи більше маршрутної структури для конкретного потоку руху ПК або, якщо це виправдано складністю океанічних маршрутів ОПР, – створенням океанічних маршрутів ОПР та океанічних диспетчерських районів зонального типу.

Диспетчерські райони бувають двох видів:

диспетчерські райони нижнього ПП;

диспетчерські райони верхнього ПП;

комбінація цих двох районів.

Перерахуємо причини, які зумовлюють поділ ПП по вертикалі: - розподіл робочого навантаження, що припадає на один орган ОПР, таким чином, щоб це навантаження було рівномірним як за районом відповідальності органів ОПР, так і за обсягом ПР; - застосування до повітряного руху у верхньому повітряному просторі правил, відмінних від правил, які застосовуються у нижньому ПП і мотивовані експлуатаційними параметрами, характерними для руху в цьому просторі (наприклад, заборона на виконання польотів за ПВП, використання методів зональної навігації замість трасових і т. д).

Радіус диспетчерського району нижнього ПП дорівнює 150–170 км. Нижня межа диспетчерського району встановлюється на висоті не менше ніж 200 м (700 футів) над землею або водною 13 поверхнею. Однак це не означає, що вона завжди має бути однаковою. Тоді, коли необхідно забезпечити велику волю дій для польотів ПК за ПВП нижче від даного диспетчерського району, нижня межа може проходити по висоті, яка перевищує мінімум у 200 м.

Якщо, нижня межа диспетчерського району проходить вище 900 м (3000 футів) над середнім рівнем моря (MSL), то вона повинна збігатися з крейсерським рівнем польоту за ПВП, згідно з системою вертикального ешелонування ІСАО. Це означає, що обраний крейсерський ешелон польоту за ПВП має бути таким, щоб очікувані коливання місцевого атмосферного тиску не приводили до зниження цієї межі до висоти менш ніж 200 м (700 футів) над землею або водною поверхнею.

Верхня межа диспетчерського району встановлюється тоді, коли: - диспетчерське обслуговування повітряного руху вище цієї межі

забезпечуватися не буде; - даний диспетчерський район розташований нижче верхнього диспетчерського району, і його верхня межа, у цьому разі, збігається з нижньою межею диспетчерського району, розташованого вище.

Коли така верхня межа встановлюється, то вона збігається з крейсерським ешелонем польоту за ПВП. Якщо ж необхідно обмежити кількість диспетчерських районів, через які мають виконуватися польоти ПК на великих висотах і маршрутах великої довжини, то межі диспетчерського району рекомендується встановлювати так, щоб вони охоплювали верхній ПП у межах бічних границь декількох диспетчерських районів, розташованих нижче.

Диспетчерська зона (CTR)

Диспетчерські зони встановлюються на занадто завантажених аеродромах у межах аеродромної зони і простягаються від рівня землі до висоти приблизно 700-800 метрів або до рівня, який відповідає нижній межі диспетчерської зони. Призначення цих зон - забезпечення безпеки руху ПК, що прибувають з диспетчерського району або направляються в нього.

Бічні межі диспетчерських зон охоплюють ті, що не входять у диспетчерські райони частини ПП, через які проходять траєкторії польотів за ППП ПК, що прибувають і вилітають з аеродромів. Примітка: ПК, що виконують політ у зонах очікування поблизу аеродромів, вважаються прибуваючими ПК.

Диспетчерська зона може включати два або декілька розташованих близько один від одного аеродромів.

Оскільки диспетчерська зона простягається вгору від поверхні землі і обслуговування в даній зоні неминуче призведе до накладення певних обмежень на польоти за ПВП у межах цієї зони, важливо, щоб її поперечні розміри були мінімальними. Бічні межі диспетчерської зони віддалені від центру відповідного аеродрому мінімум на 5-10 морських миль (9,3 – 18,6 км) у напрямку, звідки можуть здійснюватися заходи на посадку за ППП.

Якщо диспетчерська зона розташована в межах бічних границь диспетчерського району, то вона простягається вгору від поверхні землі як мінімум до нижньої межі диспетчерського району, розташованого вище. Верхня межа диспетчерської зони встановлюється також тоді вона розташована за межами бічних границь диспетчерського району. У деяких випадках верхня межа диспетчерської зони може встановлюватися вище від нижньої межі диспетчерського району, розташованого над нею, тобто входити в диспетчерський район.

Отже, можна зробити висновок про те, що основне розходження між диспетчерською зоною і диспетчерським районом, крім розмірів у вертикальній і горизонтальній площинах, полягає в тому, що диспетчерська зона простягається від земної поверхні, у той час як диспетчерський район починається від визначеного рівня над землею або водною поверхнею

Базова конфігурація аеродромного ПП показана на рис. 1.3., а на рис. 1.4. наведена його можлива класифікація. При цьому, на рисунку ПП показано колами, фактична ж форма, як правило, має вигляд багатокутника,

форма і розміри якого будуть залежати від конкретних місцевих умов. Крім того, кожна авіаційна адміністрація визначатиме необхідний рівень контролю за польотами, що виконуються за ПВП і вирішувати проблему забезпечення ОПР під час одночасних польотів за ППП і ПВП в одному й тому ж обсязі ПП. Обмеження польотів ПК за ПВП може бути введене використанням відповідної класифікації ПП. У загальному випадку більш високий ступінь обмеження для діяльності за ПВП, у межах аеродромної зони, має ПП із високою щільністю ПР за ППП, а тому з метою надання певної свободи діяльності авіації загального користування застосовується принцип уведення менш обмежувального класу ПП для польотів на низьких висотах.

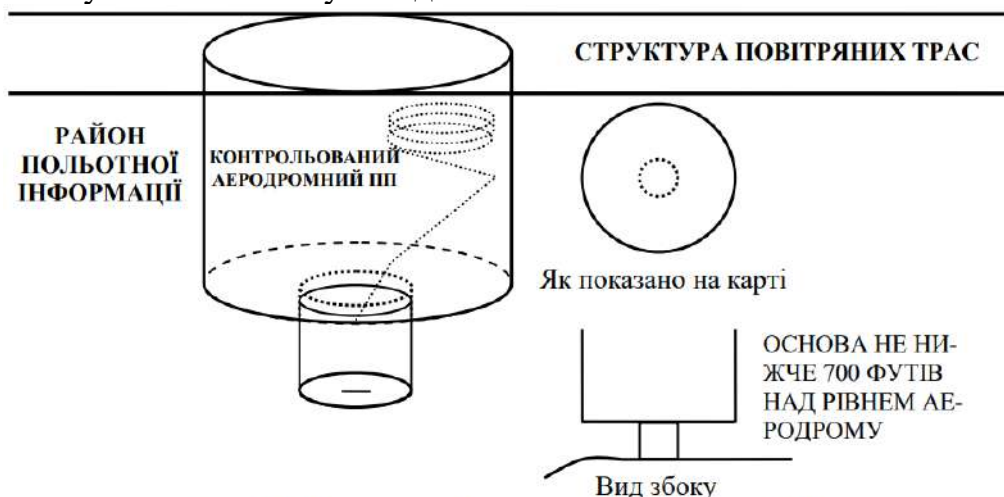


Рис. 1.3. Базова конфігурація аеродромного ПП

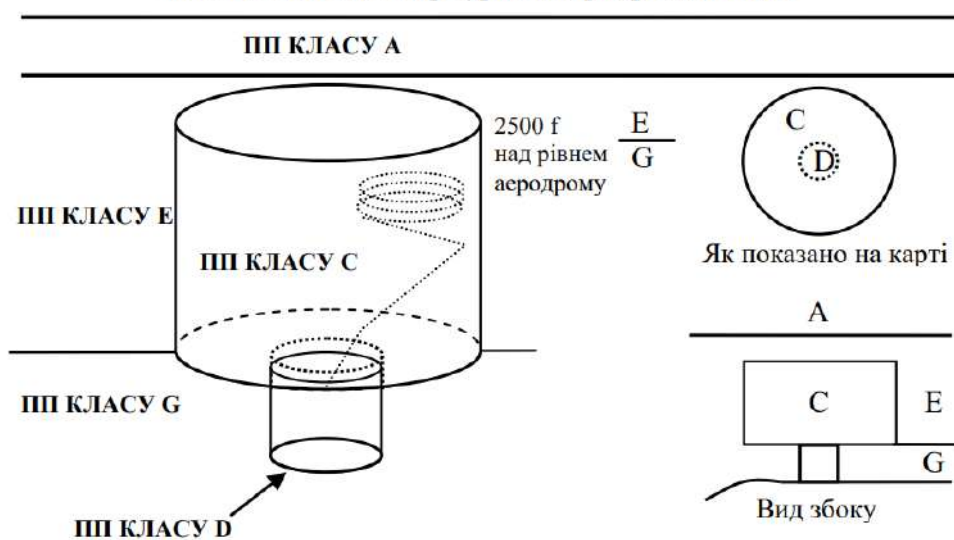


Рис. 1.4. Можлива класифікація аеродромного ПП

Класифікація повітряного простору в околицях найбільш завантажених аеродромів Європи варіюється від класу А до класу Е включно.

Розподіл відповідальності між диспетчерським пунктом в аеродромному повітряному просторі

Відповідно до DOC. 9426 розподіл відповідальності між аеродромним ДП (TWR) і диспетчерським пунктом підходу (APP), а також між пунктом підходу і районним диспетчерським центром (ACC) не може бути жорстко визначеним, тому що вона залежить від великої кількості місцевих

особливостей, які самі можуть варіюватися між собою залежно від особливостей повітряного руху, характеристик потоків ПК, принципу розподілу ПП, метеоумов, що переважають, чинників робочої завантаженості авіадиспетчера і т.д. Однак, будь-які умови розподілу відповідальності між різними диспетчерськими пунктами не повинні призвести до зростання погоджень, утрати гнучкості у використанні аеродромного ПП, збільшення навантаження на екіпажі через зайві передачі обслуговування від одного органу ОНР до другого.

Порядок розподілу відповідальності між АСС і АНР є основним чинником, який впливає на ефективне використання аеродромного ПП. Це особливо помітно в зонах з високою інтенсивністю польотів, у яких значні потенційні вимоги для координаційної політики між органами ОНР, що спричиняє ріст завантаженості авіадиспетчерів і екіпажів ПК.

Відповідальність за забезпечення обслуговування ПК, що виконують польоти в межах визначеної зони ПП забезпечується тільки одним органом ОНР, який відповідає за цей район. Однак, як виняток, обслуговування будь-якого ПК або групи ПК тимчасово може бути передано іншому органу ОНР, якщо існує координація дій між цими органами ОНР.

Це означає, що ПК яке обслуговується, буде перебувати за межами вертикальних і (або) подовжніх меж зони відповідальності органу ОНР, що має намір прийняти керування на себе, ОНР може здійснюватися цим суміжним органом ОНР якщо була зроблена попередня координація з тим диспетчерським пунктом, у чий повітряний простір виконується політ тепер.

Диспетчерське обслуговування повітряного руху забезпечується відповідними органами ОНР.

Районне диспетчерське обслуговування забезпечується: - районним диспетчерським центром або - органом, що забезпечує диспетчерське обслуговування підходу в диспетчерській зоні або диспетчерському районі обмежених розмірів, що визначений переважно для забезпечення диспетчерського обслуговування підходу, а також там, де не створено районного диспетчерського центру.

Диспетчерське обслуговування підходу забезпечується: - аеродромним диспетчерським або районним диспетчерським центром, коли необхідно чи бажано об'єднати в рамках відповідальності одного органу функції диспетчерського обслуговування підходу з функціями аеродромного диспетчерського обслуговування чи районного диспетчерського обслуговування або - диспетчерським пунктом підходу тоді, коли необхідно або бажано створити окремий орган ОНР.

Аеродромне диспетчерське обслуговування забезпечується аеродромним ДП.

Забезпечення обслуговування на пероні може бути доручено аеродромному ДП або окремому органу. Оскільки в цьому посібнику розглядаються питання аеродромного ОНР диспетчерське обслуговування на підході і аеродромному обслуговуванні, розглянемо більш докладно.

Завдання диспетчерського обслуговування на підході, насамперед полягає в обслуговуванні ПК, що прилітають і вилітають за ППП з метою забезпечення необхідних стандартів ешелонування. Головною особливістю потоку ПК, що прибувають в аеродромний ПП, є недостатнє дотримання опублікованої структури стандартних маршрутів ОНР - STARs. Однак ці маршрути в повному обсязі рідко використовуювані і, тому орган ОНР віддають перевагу командному способу керування, з використанням радіолокатора. Радіолокаційне наведення дозволяє гнучко змінювати траєкторію потоку руху ПК для того, щоб оптимізувати необхідні інтервали ешелонування, що не завжди можна зробити за допомогою навігаційних засобів. Ступінь векторіння (втручання авіадиспетчера) під час прильоту ПК залежить від наявності ПП, що має орган ОНР, який виконує функції «підхід - прибуття», що, у свою чергу, буде визначатися проектуванням і функціональним розподілом аеродромного ПП.

Вилітаючи, ПК виходить з якоїсь певної точки, наприклад, від ЗПС або навігаційного засобу, у структуру ПТ. Ешелонування ПК, що вилітають, у багатьох випадках може бути виконано географічно (відразу після відправлення) застосуванням розбіжних ліній шляху або використанням відповідних тимчасових інтервалів між ПК на одному маршруті проходження. З фазою вильоту ПК пов'язані: - уведення маршрутів стандартного вильоту за приладами; - наявність гнучкої системи, індивідуальної видачі органом ОНР дозволів на виконання польоту при вибутті.

Відповідно до рекомендацій ICAO, SIDs мають бути встановлені для того, щоб дозволити ПК виконувати політ за маршрутом вибуття, без радіолокаційного векторіння. Це зменшує робоче навантаження на авіадиспетчера і дозволяє збільшити пропускну спроможність зони ОНР. Однак, у деяких випадках, використання радіолокаційного контролю під час вильоту може допомогти збільшити пропускну спроможність аеродромного ПП шляхом векторіння ПК у точку виходу на структуру ПТ, забезпечуючи в такий спосіб альтернативну стратегію міцній структурі стандартних маршрутів вильоту за приладами.

Семінар 4. Визначення дальності видимості на ЗПС і повідомлення даних у зведеннях.

1. Дальність видимості на ЗПС, організація спостережень за видимістю на ЗПС на аеродромах.

2. Правила та особливості кодування даних видимості на ЗПС в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.

4. Метеорологічна оптична дальність видимості, особливості розрахунку дальності видимості на ЗПС.

5. Правила візуальних спостережень за видимістю на ЗПС.

Лекція 5. Основи аеродинаміки польоту повітряних суден. Баланс сил що діють на літак у повітрі. Сила лобового опору, підйомна сила. Повітряна швидкість. Кути атаки у різних стадіях польоту.

Опорний конспект лекції

Стандартна атмосфера. 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-допустима 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 заздальгідь заданого, постійного (стандартного) розподілу фізичних характеристик стану атмосфери біля поверхні землі та на різних висотах. Іншими словами, використовується деяка, не залежна 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. До 1964 р. вертикальний розподіл фізичних характеристик повітря в СА надавався до висоти 30 км. У 1964 р. вступила до дії нова стандартна атмосфера (СА-64), яка встановлювала значення основних термодинамічних параметрів та інших характеристик фізичного стану атмосфери до висоти 200 км. Потім були прийняті СА-73, СА-81. Як параметри та фізичні константи в СА використані: - температура; - тиск; - густина повітря; - відносні величини тиску та густини у порівнянні з їх значеннями на рівні моря; - молекулярна маса; - 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. В СНД у теперішній час діє СА-81. Таблиці

СА-81 містять у собі значення характеристик атмосфери для висот від 2000 м нижче рівня моря до 50000 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 маса повітря (молярна маса) 28,966 кг·кмоль⁻¹;
- 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 масі 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 таблицях СА-81 для різних висот через 50 м наведено відомості про температуру, тиск, густину, прискорення вільного падіння, швидкість звуку. В умовах СА зміна тиску з висотою відбувається: - до рівня 11 км - за законом політропної атмосфери; - вище 11 км - за законом ізотермічної атмосфери.

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 і мінімальних температурах біля поверхні землі та 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. В практичній роботі часто доводиться приводити висоту до стандартної, попередньо визначивши фактичні значення тиску та температури на певному рівні, фактичну густину атмосфери.

Причини виникнення підйімальної сили

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

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

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

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

де c_x, c_y, c_z – коефіцієнти лобової, підймальної та бокової сил, S_k – площа крила, V - швидкість літака.

Основні рівняння руху повітря:

$$\text{Рівняння стану : } pV = RT ,$$

$$\text{Рівняння нерозривності: } \rho SV = \rho_1 S_1 V_1 ,$$

де ρ - густина, S - площа перерізу трубки, V - швидкість повітря в перерізі. $\rho SV = \text{const}$ для усталеного потоку.

Величина ρV - питома витрата повітря, котра дорівнює вазі повітря, що проходить за 1 с крізь 1 м².

Рівняння енергії (закон Бернуллі) у загальному вигляді:

$$p + \frac{\rho V^2}{2} = \text{const},$$

де p - статичний тиск (атмосферний тиск на висоті польоту);

$$q = \frac{\rho V^2}{2} \quad \rho V^2 = - \text{швидкісний напір або динамічний тиск.}$$

Тобто, в будь-якому перерізі усталеного потоку повітря (потік, у кожній точці якого параметри газу не змінюються за часом) сума статичного та динамічного тиску є величиною постійною.

Якщо урахувати факт, що повітря це нестисливий газ, то рівняння Бернуллі має вигляд:

$$\frac{V^2}{2} + \frac{\chi}{\chi - 1} \frac{p}{\rho} = \text{const}$$

де $\chi = \frac{c_p}{c_v}$ - адіабатичний показник, що дорівнює відношенню теплоємності при постійному тиску до питомої теплоємності при постійному об'ємі; для повітря $\chi = 1,4$.

Розглянемо дві аеродинамічні характеристики: хорду крила та кут атаки крила. Хордою крила зветься відрізок прямої, яка з'єднує передню та задню точки профілю крила. Кут атаки α - це кут між хордою крила та напрямом швидкості усталеного потоку (рис. 5.1).

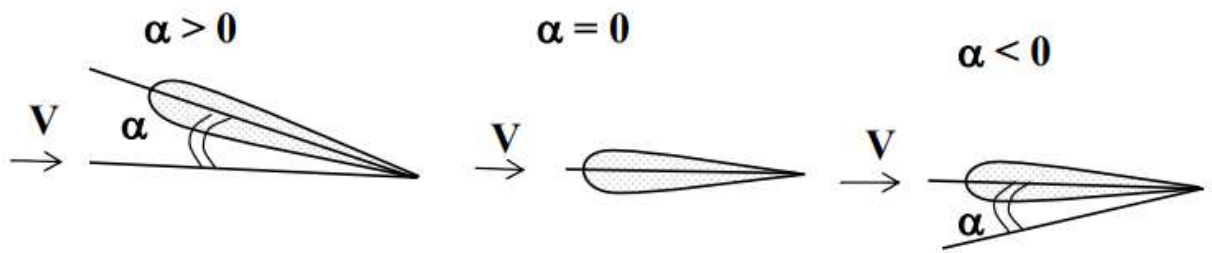


Рис. 5.1 - Кут атаки крила

Для польоту літака необхідна підймальна сила, яка утворюється крилом. Розглянемо обтікання симетричного профілю крила повітряним потоком при різних кутах атаки (рис.5.2.а).

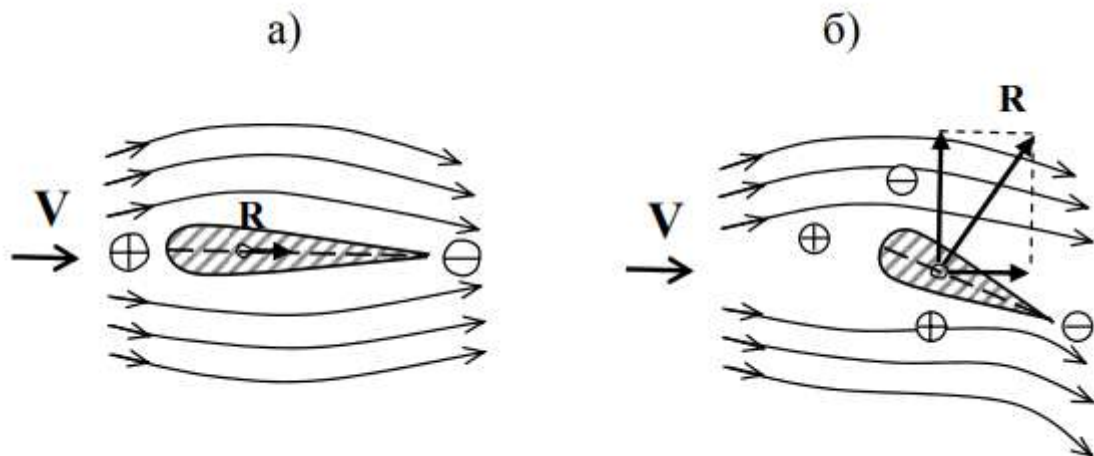


Рис. 5.2 - Аеродинамічні сили крила при симетричному (а) та несиметричному (б) обтіканні крила.

При куті атаки $\alpha = 0$ відбувається симетричне обтікання профілю, тобто струмені повітря кривляться однаково під та над крилом. Це означає, що зайвий тиск на поверхні крила дорівнює зайвому тиску під крилом $p_{\text{зайв.в}} = p_{\text{зайв.н}}$. Біля лобової частки крила тиск збільшиться за рахунок зменшення швидкості потоку, поза крилом виникає розрядження. Внаслідок різниці тисків та тертя повітря виникає аеродинамічна сила R , яка спрямована уздовж потоку. При цьому підймальна сила не виникає, і літак з симетричним профілем крила при $\alpha = 0$ не полетить.

При несиметричному обтіканні (рис.5.2 б) того ж крила ($\alpha > 0$) переріз струменів зверху менший ніж знизу. Це приводить до того, що на верхній та нижній поверхнях крила буде різний зайвий тиск, причому $p_{\text{зайв.в}} > p_{\text{зайв.н}}$. Внаслідок створеної різниці ($p_{\text{зайв.в}} - p_{\text{зайв.н}}$) виникає повна аеродинамічна сила, яка спрямована під кутом до набігаючого потоку. Проекція сили R

уздовж потоку зветься лобовим опором X , а проекція сили R , яка перпендикулярна до потоку, позначається як Y , і зветься підіймальною силою. Точка дотику сили R зветься центром тиску.

Емпірично встановлено, що:

$$R = c_R S \frac{\rho V^2}{2}, \quad Y = c_Y S \frac{\rho V^2}{2}, \quad X = c_X S \frac{\rho V^2}{2},$$

Аеродинамічна досконалість крила характеризується аеродинамічною якістю K , яка дорівнює відношенню підіймальної сили до лобового опору при одному і тому ж куті атаки $K = \frac{Y}{X} = \frac{c_Y}{c_X}$. Аеродинамічна якість K залежить від напрямку дії сили R та характеризується кутом θ , який можна визначити за формулою $\operatorname{tg}\theta = \frac{Y}{X} = \frac{1}{Y/X} = \frac{1}{K}$.

Аеродинамічні сили та коефіцієнти для крила та літака в цілому залежать від α і наведені на рис. 5.3. Кут атаки, при якому $c_Y = c_{Y_{max}}$, зветься критичним кутом $\alpha_{кр}$. Для сучасних літаків $\alpha_{кр} \approx 15 \dots 20^\circ$, $c_{Y_{max}} = 0,8 \dots 1,2$. Зменшення коефіцієнта підіймальної сили при $\alpha > \alpha_{кр}$ пояснюється тим, що на більших кутах α відбувається зрив потоку з поверхні крила та літака і формується сильне вихрове утворення. На відміну від c_Y , коефіцієнт $c_X \neq 0$ ні при якому куті α ; $c_{X_{min}}$ спостерігається при близькому до α нульовій підіймальної сили.

Графічна залежність c_X і c_Y від α часто використовується на практиці, вона одержала назву - поляра крила (рис. 5.4). Кожній точці на кривій відповідають значення c_X і c_Y при певних α .

Кут атаки нульової підіймальної сили знаходиться як перетин поляри з віссю c_X . Для сучасних профілів крила $\alpha = \pm 2^\circ$.

Кут атаки, на якому коефіцієнт c_X має найменше значення $c_{X_{min}}$, можна визначити, якщо до поляри провести дотичну, паралельну вісі c_Y . Для сучасних профілів $\alpha_{X_{min}} = 0 \dots 1^\circ$.

Для визначення найвигіднішого кута атаки $\alpha_{наїв}$ треба провести дотичну до поляри з початку координат. Точка торкання і буде відповідати $\alpha_{наїв}$. Для сучасних профілів $\alpha_{наїв} = 6 \dots 8^\circ$. Критичний кут атаки $\alpha_{кр}$ визначається проведенням дотичної, яка паралельна горизонтальній вісі, до поляри.

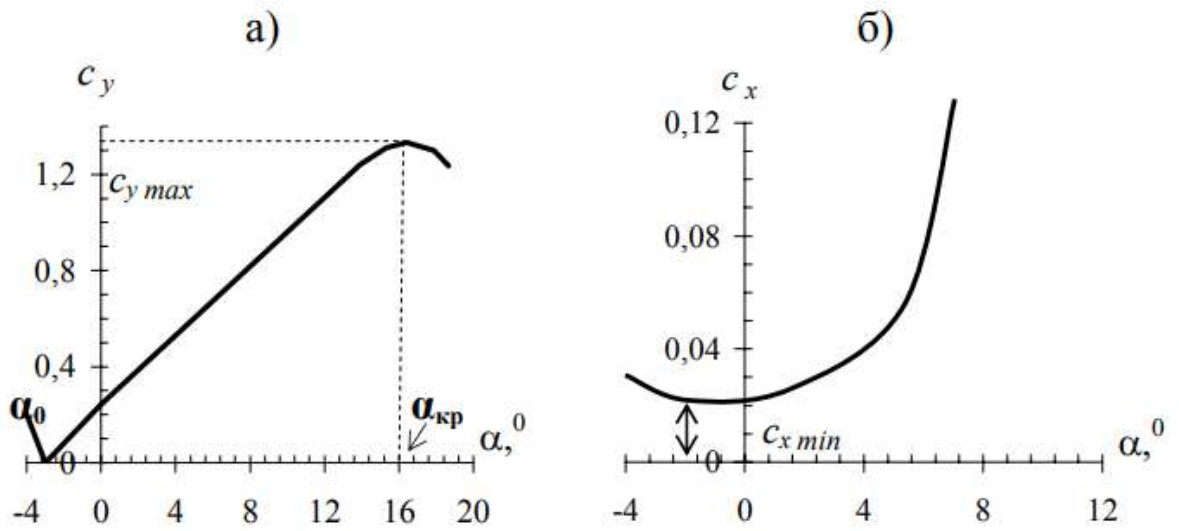


Рис. 5.3 - Залежність коефіцієнтів c_x (а) та c_y (б) від кута атаки крила α

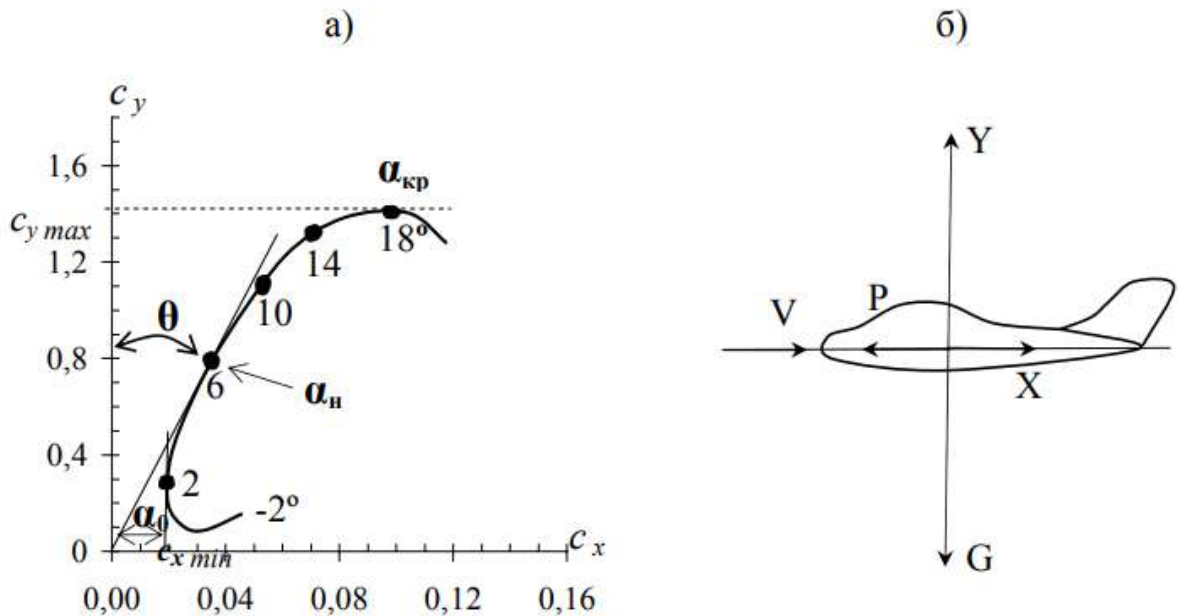


Рис. 5.4 - Поляра крила (а) та сили, які діють на літак у горизонтальному польоті (б)

Для розуміння впливу фізичного стану атмосфери на політ літака обмежимося аналізом горизонтального польоту. Для прямолінійного та рівномірного польоту необхідно, щоб сили та моменти, які діють на літак, були у рівновазі.

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 ($VV, dd = \text{const}$) 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: підіймальної) можна знайти повітряну швидкість літака, при якій виконується рівновага сил ($Y = G$).

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

$X = P$ - умова постійних швидкостей.

$$V_{ГП} = \sqrt{\frac{2G}{c_Y S_k \rho}}$$

де c_Y - коефіцієнт підіймальної сили, S_k - площа крила, ρ - густина повітря.

Швидкість літака, що знайдена за даною формулою, називають потрібною швидкістю горизонтального польоту. З виразу видно, що $V_{ГП}$ 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 $V_{ГП}$. При польотах на критичних кутах атаки $c_Y = c_{Ymax}$, а $V_{ГП}$ досягає мінімального значення:

$$(V_{min})_{теор} = \sqrt{\frac{2G}{c_{Ymax} S_k \rho}}$$

де $(V_{min})_{теор}$ - мінімальна теоретична швидкість польоту. Практично, політ на $\alpha_{кр}$ не робиться, 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 $c_{Yпр} > c_{Ymax}$. Для сучасних літаків $c_{Yпр} = (0,80 \dots 0,85) c_{Ymax}$.

З формули для горизонтальної швидкості видно, що потрібна повітряна швидкість горизонтального польоту при інших однакових умовах збільшується з висотою через зменшення густини повітря.

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

Скористуємось рівнянням стану $p = \rho RT$ і наведену раніше формулу перепишемо у вигляді:

$$V^2 = \frac{2GRT}{c_Y S_k \rho}$$

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

Просторова та часова мінливість температури повітря дуже велика. Так, навіть над одним пунктом міждодова мінливість на висотах 10...20 км

може досягати 20°C та більше. Ще значні коливання температури спостерігаються при польотах за повітряними трасами великої протяжності. В результаті, як свідчать обчислювання за останньою формулою, при польоті на постійній висоті за барометричним висотоміром під впливом мінливості температури повітря швидкість горизонтального польоту для літаків типів ТУ-154, АН-140 та інших 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°C. Такі варіації температури повітря повинні призводити до зміни швидкості на крейсерському режимі більш за 100 км·год⁻¹.

Розглянемо рівняння $X = P$. Тяга, яка необхідна щоб зрівноважити лобовий опір літака на певній висоті, зветься *тягою горизонтального польоту* ($P_{гп}$). $Y/X = G/P = G/K$, де K - аеродинамічна якість літака. Застосовуючи до тяги горизонтального польоту зі співвідношення $P_{гп} = G/K$, отримаємо, що $P_{гп}$ 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 $\alpha_{наїв}$ (рис. 5.4), а потрібна тяга тут буде мінімальна. При збільшенні або зменшенні α при порівнянні з $\alpha_{наїв}$ 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 максимальна тяга двигуна при певній швидкості польоту - P_p .

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

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 вертольотах. ТГД знайшли своє застосування на

літаках зі швидкістю 500...800 км·год⁻¹ (M=0,5...0,8) і на вертольотах. Турбореактивні двигуни (ТРД) використовуються як надзвукових, так і надзвукових літаках, вертольотах, гелікоптерах. ТРД мають малу питому масу, яка практично залишається постійною як на злітному, так і у крейсерському режимах польоту. Це робить ТРД найбільш вигіднішими при великих швидкостях польоту.

Семінар 5. Метеорологічні спостереження за поточною погодою та включення даних у зведення.

1. Організація спостережень за явищами поточної погоди на аеродромах.
2. Аеродромне обладнання для спостережень за явищами погоди.
3. Правила та особливості кодування даних погодних явищ в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.
4. Спостереження за опадами та правила кодування у погодних зведеннях.
5. Спостереження за явищами, що погіршують видимість та правила кодування у погодних зведеннях.

Лекція 6. Метеорологічний радіолокатор (МРЛ). Теоретичні основи. Використання даних МРЛ для діагнозу і прогнозу хмарності, опадів, конвективних осередків і окремих явищ.

Опорний конспект лекції

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 явища та стихійні гідрометеорологічні явища. Дані МРЛ дозволяють синоптику більш оперативно та детально аналізувати синоптичні процеси та своєчасно складати попередження про виникнення стихійних метеорологічних явищ (СГЯ), що пов'язані з конвективними 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 радіоеха, купчасто-дощових хмар (Cb) та опадів облогового характеру;

- верхню межу радіоеха усіх виявлених хмар і нижню межу хмар верхнього та середнього ярусів, а також міжхмарні простори;
- еволюцію купчасто-дощових хмар;
- тенденцію характеристик радіоеха 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 радіоехом опадів.

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

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

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.

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

Переміщення радіоеха залежить від швидкості та напрямку вітру у вільній атмосфері. Однак, при швидкості вітру менше 5 м/с швидкість переміщення радіоеха практично не залежить від вітру. У цих випадках спостерігається умовне переміщення радіоеха, що є збільшенням його за площею за рахунок виникнення нових осередків. Це явище має назву «ефект розповсюдження».

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

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

Семинар 6. Метеорологічні спостереження за хмарністю та включення даних у зведення.

1. Організація спостережень за хмарністю на аеродромах.
2. Аеродромне обладнання для спостережень за хмарністю.
3. Правила та особливості кодування даних хмарності в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.
4. Міжнародна морфологічна класифікація хмар.
5. Метеорологічні та синоптичні умови розвитку хмар. Значима для авіації хмарність.

Лекція 7. Струмінні течії та їх аеронавігаційне значення. Струмінні течії верхньої тропосфери. Аеронавігаційне значення СТ.

Опорний конспект лекції

У зоні атмосферного фронту завжди великі горизонтальні градієнти температури. Якщо горизонтальний баричний градієнт досить добре співпадає з горизонтальним градієнтом температури, то при піднятті догори баричний градієнт збільшується, а значить збільшується і швидкість вітру. Отже, у випадку добре вираженого атмосферного фронту над ним у верхній тропосфері і нижній стратосфері спостерігається паралельна фронту висотна фронтальна зона, де виникає потужна повітряна течія, яка називається струмінною. Довжина струмінної течії досягає кількох тисяч кілометрів, ширина – кількох сотень, товщина течії – кілька кілометрів. Вісь струмінної течії розташована під тропопаузою. На осі струмінної течії швидкість вітру може перевищувати 100 м/с. Умовною межею струмінної течії є вітер 30 м/с.

У стратосфері горизонтальний градієнт температури обернений, тому баричний градієнт зменшується і вітер поступово стихає.

Головні фронти в атмосфері – арктичний та полярний (помірний) простягаються в широтному напрямку. Тому пов'язані з ними струмінні течії мають напрямок із заходу на схід, можливі незначні відхилення від широтного напрямку.

Струмінні течії існують в тропосфері та стратосфері. Тропосферні струмінні течії поділяють на течії помірних широт, субтропічні та екваторіальні. Вісь струмінної течії помірних широт лежать на висоті 8-10 км зимою та 9-12 км влітку. Швидкість вітру на осі СТ досягає 180-220 км/год. і більше (50-60 м/с).

Субтропічна струмінна течія зимою розташована на широті 25⁰-35⁰пн. ш., влітку – 35⁰-45⁰пн. ш. Вісь струмінної течії на висоті 11-13 км, середня швидкість вітру на осі 150-200 км/год., а в окремих випадках над Японськими островами перевищує 300-400 км/год.

Екваторіальна струминна течія розташована між 50⁰пн. ш. та 50⁰пд. ш. Її вісь лежить на висоті 15-20 км. Зимом стратосферна течія спостерігається на висотах 25-30 км зі швидкістю вітру понад 200 км/год.

Екваторіальна струминна течія змінює свій напрямок за сезонами: взимку із заходу на схід, а влітку зі сходу на захід.

Врахування струминних течій важливе для авіації: зустрічна течія значно зменшує швидкість літаків, супутня течія – значно її збільшує.

При польотах на великих висотах, особливо у зонах струминних течій (СТ), урахування впливу вітру на дальність та тривалість польотів набуває особливого значення. Обробка матеріалів рейсових польотів реактивних літаків на висотах 9...11 км показала, що на маршрутах великої протяжності імовірність зустрічі в польоті СТ складає 70...80 % та більше. Так, наприклад, за даними 689 реальних польотів повторення сильних вітрів швидкістю 100 км/год і більше складає 80 %, за даними 87 польотів іншою трасою – 85 % і т.д. Все 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, по якому літак прилетить до пункту призначення з малою витратою часу. При цьому загальний час польоту за цим маршрутом (траєкторії мінімального часу польоту) значно менший часу, який необхідно для польоту по найкоротшому шляху (ортодомії). 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 розрізняють 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 довжина - декілька тисяч км.

Субтропічні СТ мігрують протягом року: взимку вони знаходяться в зоні 25-30° пн.ш., влітку - 35-40° пд.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) та Тихим океаном (до 750 км/год).

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. Струминні течії можна розпізнати по смугі Сі та Сс хмар, 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...10 м·с⁻¹ на 1 км висоти та 7...10 м·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.

Семінар 7. Метеорологічні спостереження за температурою повітря, температурою точки роси та включення даних у зведення.

1. Організація спостережень за температурою повітря та температурою точки роси на аеродромах.
2. Аеродромне обладнання для спостережень за температурою повітря та температурою точки роси.
3. Правила та особливості кодування температури в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.
4. Вплив температури повітря на польоти ПС.
5. Термічна стратифікація атмосфери.

Питання для самоконтролю:

1. Які функції виконує аеродромний метеорологічний орган із синоптичним розділом робіт?
2. Які функції виконує аеродромний метеорологічний орган, який не має синоптичного розділу робіт?
3. На підставі якого документу відбувається взаємодія метеорологічних органів забезпечення цивільної авіації та державної авіації?
4. Які спостереження проводяться на аеродромах, які використовуються для виконання регулярних рейсів або як запасні аеродроми при виконанні регулярних рейсів?
5. З якою періодичністю на аеродромах проводяться регулярні спостереження за відсутності польотів та у період виконання польотів?
6. Якими будуть дії техника-метеоролога, якщо він помітив помилку у переданому зведенні METAR?
7. До якого часу слід відправляти виправлення до зведень METAR COR?
8. За яких умов на аеродромі проводяться спеціальні метеорологічні спостереження та випускаються спеціальні зведення погоди?

9. Що таке зведення у формі METAR? Для чого воно випускається?
10. Що таке зведення у формі SPECI? Для чого воно випускається?
11. Які зведення випускає технік-метеоролог при виникненні, посиленні, закінченні НЯ та СГЯ?
12. Які елементи містять регулярні і спеціальні зведення погоди?
13. Що означає термін "CAVOK"?
14. За яким часом та з якою періодичністю аеродромні метеорологічні органи здійснюють регулярні спостереження за погодою на аеродромі?
15. Як в АСМС забезпечується введення даних спостережень за метеорологічними елементами, які неможливо спостерігати за допомогою автоматичних засобів або за відсутності окремих автоматичних засобів проведення спостережень?
16. Навіщо в АСМС маркуються дисплеї та датчики?
17. Ким розробляється інструкція з метеорологічного обслуговування польотів ПС на аеродромі?
18. Які характеристики визначаються при проведенні спостережень за приземним вітром?
19. Як забезпечується репрезентативність спостережень за приземним вітром на аеродромі?
20. Як і у якій послідовності у зведеннях погоди повідомляються результати спостережень за вітром?
21. З якою кратністю у зведеннях METAR, SPECI зазначається напрямок приземного вітру?
22. Параметри якого вітру автоматично включаються у зведення METAR/SPECI?
23. Параметри якого вітру автоматично включаються у зведення MET REPORT/SPECIAL?
24. На якій висоті вимірюється видимість при використанні інструментальних систем?
25. Які характеристики враховуються при визначенні місць спостережень за видимістю на конкретному аеродромі?
26. Як на аеродромах проводяться візуальні спостереження за видимістю?
27. Що таке видимість з авіаційною метою?
28. Що таке переважаюча видимість?
29. Значення якої видимості відображаються на МД?
30. Які умови включення мінімальної видимості у зведення METAR/SPECI?
31. Що таке період помітної нестабільності при спостереженні за видимістю?
32. Що таке дальність видимості на ЗПС (RVR)?
33. У яких випадках повідомляються результати визначення дальності видимості на ЗПС?
34. На підставі яких значень обчислюється значення дальності видимості на ЗПС?

35. Скільки значень RVR вказується у зведеннях MET REPORT/SPECIAL та на МД?
36. Як на аеродромі спостерігаються явища поточної погоди?
37. У якій послідовності при кодуванні формуються групи явищ погоди?
38. Як на аеродромі відбуваються спостереження за грозою?
39. Що таке шквал, як спостерігається та як кодується у зведеннях погоди та на МД?
40. Що таке воронкоподібна хмара (смерч), як спостерігається та як кодується у зведеннях погоди та на МД?
41. Що таке пиловий (піщаний) вихор, як спостерігається та як кодується у зведеннях погоди та на МД?
42. Як на аеродромі відбувається спостереження за опадами?
43. Що таке хуртовини? Спостереження за хуртовинами на аеродромі.
44. Що таке ожеледь? Спостереження за ожеледдю на аеродромах.
45. Правила спостереження за замерзаючим туманом.
46. Які характеристики хмарності зазначаються у зведеннях погоди?
47. Як на аеродромах визначається форма хмарності?
48. Яка форма хмарності включається у зведення METAR/SPECI, MET REPORT/SPECIAL?
49. Яка кратність включення значень температури повітря у зведення погоди?
50. Як у зведеннях METAR, SPECI вказується від'ємна температура повітря?

ТЕМАТИЧНИЙ БЛОК 2. ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА ЯВИЩ ПОГОДИ НА ПОЛЬОТИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Лекція 8. Вплив температури повітря та густини повітря на політ повітряних суден (ПС). Розрахунок аеродинамічної тяги, довжини пробігу, повітряної швидкості, витрати палива.

Опорний конспект лекції

Витрата палива є важливим економічним показником, від якого залежить рентабельність повітряних перевезень. Зміна температури та тиску повітря впливає на годинну витрату палива, а годинна витрата палива для літаків з ТРД пов'язана, перш за все, з потрібною тягою та питомою витратою палива.

Годинна витрата палива ($c_{\text{год}}$, кг·год⁻¹) – це витрата палива за годину польоту.

Питома витрата пального ($c_{\text{пит}}$) – кількість палива, яке необхідне для утворення одиночної сили тяги за одиницю часу. Питома витрата пального залежить від типу двигуна, режиму його роботи, висоти польоту та швидкості.

При інших рівних умовах тяга збільшується при зниженні температури: отже, для досягнення тієї ж тяги у прохолодному повітрі, палива потрібно менше, ніж у теплому. Таким чином, при зниженні температури повітря годинна витрата пального зменшується.

$$c_{\text{год}} = c_{\text{пит}} P_n = c_{\text{пит}} G/K.$$

Розрахунки свідчать, що при зміні температури повітря на 30°C (наприклад, при переході від літа до зими, та, навпаки) годинна витрата пального змінюється на 5...6%. Істотно змінюється витрата палива на авіатрасах, які мають меридіональну спрямованість. Витрата пального розраховується за формулами:

$$c_{\text{год}} = (c_{\text{год}})_{\text{CA}} \sqrt{\frac{T}{T_{\text{CA}}}} \quad \text{або} \quad c_{\text{год}} = (c_{\text{год}})_{\text{CA}} \frac{p}{p_{\text{CA}}} \sqrt{\frac{T}{T_{\text{CA}}}}$$

Тривалість польоту T_n залежить від $c_{\text{год}}$ і запасу палива, що розміщене на літаку (G_n), та для горизонтального польоту складає: $T_n = G_n / c_{\text{год}}$.

Важливим показником рентабельності є кілометрова витрата палива c_k – це кількість палива, яке необхідно для польоту на відстань 1 км. Від c_k залежить дальність горизонтального польоту $L_r = G_n / c_k$, яка є складовою часткою в загальну дальність польоту (L).

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

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

Для кожного типу літака приведені дані по розрахунку L та тривалості польоту, $L_{\text{наб}}$ і $L_{\text{зн}}$, а також витрати палива на набір висоти та зниження літака. Кілометрова витрата палива при горизонтальному польоті пов'язана з

$c_{год}: c_k/V = c_{пит} P_n/V$. Звідси випливає, що режим L_{max} польоту відповідає величині $(P_n/V)_{min}$ для літаків ТРД.

Для літаків з ТРД при збільшенні висоти польоту c_k зменшується, тому що при польоті з постійним α швидкість польоту зростає, потрібна тяга зменшується, отже, зменшується і $c_{пит}$. Таким чином, c_k зі збільшенням висоти зменшується. Тому польоти літаків з ТРД на велику відстань доцільно виконувати на високих рівнях. При переході на низький ешелон через підвищення температури повітря кілометрова витрата палива може зрости на 15% та більше.

Необхідно зазначити, що при вирішенні питання про найкращій профіль польоту по повітряній трасі 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. Витрата палива на набір висоти може виявитися настільки великою, що перевищить економію, яка буде від висоти польоту.

Вплив температури повітря на стелю літака. Однією з важливих льотно-технічних характеристик літака є його стеля. 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 було потрібно би нескінченно великий час, уведене 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 поршневіми двигунами. Для сучасних літаків різниця між теоретичною та практичною стелею не перевищує 200-500 м. Залежність теоретичної та практичної стелі від температурних умов розраховується за формулою:

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

На стелю літака більш за все впливає температура повітря. При підвищенні температури повітря на 10°C під час польоту на висоті, яка близька до стелі, при постійній швидкості, літак з ТРД втрачає висоту біля 500 м, а у поршневих літаків вона зменшується на 300 м.

Зміну висоти стелі приблизно можна оцінити за формулою: $H_p = H_{пст} - K_p T$, де K_p – коефіцієнт, який залежить від типу літака і свідчить, на скільки

зміниться висота стелі літака при відхиленні температури повітря від стандартної на 1°C.

Для визначення зниження літака необхідно зважити на той факт, що від температури та тиску (рівня польоту) залежить як сила тяги P_p , так і сила лобового опору. Якщо політ здійснюється на висоті, значно меншій ніж стеля, при наявності достатнього запасу тяги, льотчик може утримати задану висоту, якщо буде збільшувати або зменшувати кількість обертів. Політ поблизу стелі вигідний тому, що з висотою зменшується витрата палива, збільшується дальність польоту. Використовуючи велику стелю сучасних літаків, можна робити польоти вище тропопаузи, уникати несприятливих метеорологічних умов по повітряній трасі: грозових хмар, зон найбільш інтенсивної турбулентності та 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. Нагадаємо, що кут атаки (α) – це кут між напрямом повітряного потоку та хордою крила. При попаданні в зону сильних висхідних рухів або додатних відхилень температури літак може переходити на закритичні кути атаки та втрати стійкості. Все це зобов'язує дуже уважно аналізувати метеорологічні умови, які можуть привести до зниження стелі літака та до погіршення його льотних якостей.

Вплив температури, тиску і густини повітря на швидкопідйом повітряних суден. На практиці під швидкопідйомом розуміють час, який витрачає екіпаж літака для набору певної висоти. Чим більша вертикальна швидкість (V_y), тим більш швидкопідйомний літак, і тим менший час потрібний для набору певної висоти. Швидкість набору висоти при усталеному русі визначається:

$$V_y = \frac{\Delta P V}{G}$$

де ΔP – зайва тяга, V – повітряна швидкість.

На швидкопідйом літака значно впливають зміни температури та тиску повітря, які діють на тягу двигуна. Для одного і того ж літака з ТРД швидкопідйом може змінитися приблизно у 2 рази при його експлуатації взимку та влітку. Крім того V_y знижується з висотою через зменшення сили тяги. Так, для літака ТУ-154 $V_{y\max}$ набору висоти біля поверхні землі дорівнює 17...20 м·с⁻¹, а на висоті 8 км – 8...10 м·с⁻¹. Для пасажирських літаків $V_{y\max}$ обмежується також допуском перепаду тиску у кабіні, виходячи з умов комфорту пасажирів.

Зміна тиску біля поверхні землі по відношенню до СА також впливає на V_y та час набору висоти. Це обумовлено залежністю сили тяги P_p від тиску (густини) повітря. Зниження тиску біля земної поверхні зменшує силу тяги та швидкопідйом літака порівняно зі стандартними умовами.

Характеристикою швидкості підйому літака є час набору висоти 11 км: $\delta t = H_{11}/V_{y_{max}}$, де H_{11} – висота у реальних умовах рівня, стандартна висота якого дорівнює 11 км. Ця висота залежить від температури (відносно до СА). Швидкопідйом з підвищенням температури повітря зменшується.

Вплив температури та тиску повітря на зліт та посадку. Злітні та посадкові дані літака – довжина розбігу та швидкість відриву при зльоті (рис.8.1), посадкова швидкість та довжина пробігу при посадці (рис. 8.2) – в значній мірі залежать від фізичних характеристик стану атмосфери.

Для зльоту літака необхідно, щоб підймальна сила стала більшою за вагу літака. Рівновага сил (підйальної та ваги) настає вже на мінімальній швидкості польоту. Однак, відрив літака на мінімальній швидкості небезпечний через можливість втрати його стійкості та управління. Тому установлена швидкість відриву у літака з ТРД на 10...15% більша за мінімальну.

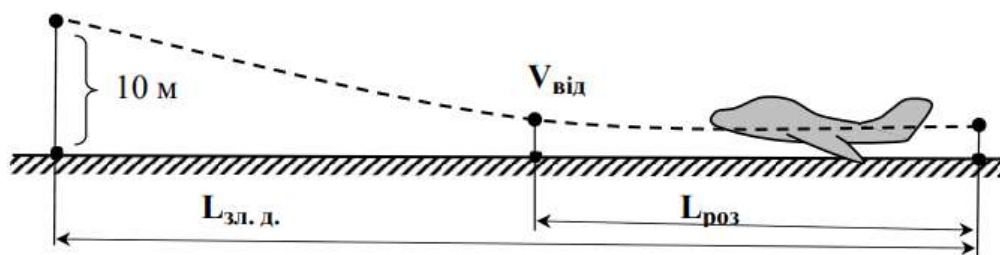


Рис. 8.1 - Етапи зльоту літака

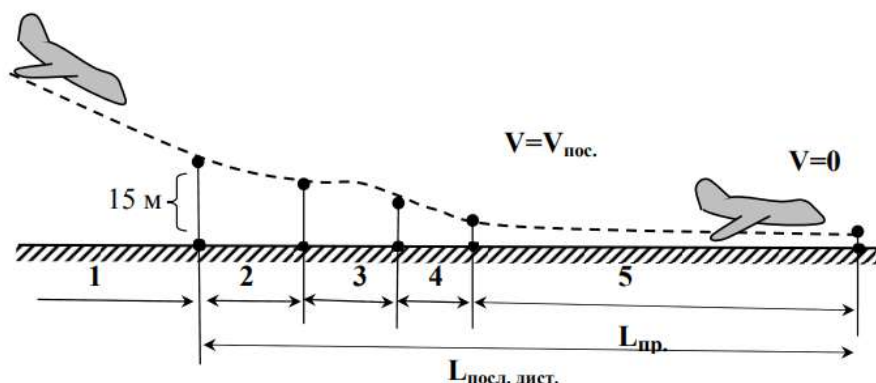


Рис. 8.2 - Етапи посадки літака:

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

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

$$V_{\text{від}}^2 = \frac{2GRT}{c_{y\text{від}}S_k\rho} = \frac{2GK_T}{c_{y\text{від}}S_k\rho}$$

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

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

Підвищення температури повітря приводить до збільшення швидкості відриву, а ріст 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 із ЗПС, довжина якої обмежена, та при максимальних завантаженнях літаків.

Довжина розбігу $L_{\text{роз}}$ при зльоті визначається за формулою:

$$L_{\text{роз}} = \frac{V_{\text{від}}^2}{2j_{\text{ср}}}$$

де $j_{\text{ср}}$ – 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 приводить до зменшення сили тяги. Збільшення швидкості відриву та зменшення сили тяги приводить 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°C 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°C приводить 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°C повне комерційне навантаження сучасного літака з ТРД повинно бути зменшене приблизно на 2000 кг.

Довжину розбігу реактивного літака з урахуванням зміни густини повітря можна виразити приблизною формулою:

$$L_{\text{роз}} = \frac{L_{\text{роз ст}}}{\Delta}$$

де $\Delta = \frac{\rho_z}{\rho_0}$ - відносна густина повітря.

Звідси видно, 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 зворотно пропорційна квадрату відносної густини:

$$L_{\text{роз}} = \frac{L_{\text{роз ст}}}{\Delta^2}$$

Довжина пробігу реактивного літака обчислюється:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{пр ст}} (0,95 + 0,0031 T_0); \quad L_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{пос}}^2}{2j_{\text{пос сер}}}$$

де T_0 – температура повітря на рівні земної поверхні.

$$V_{\text{пос}} = \frac{2m_{\text{пос}}gRT}{c_{\text{упос}}S_k P} \quad L_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{пр ст}}}{\Delta^2}$$

де $m_{\text{пос}}$ - посадкова маса.

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

Семінар 8. Метеорологічні спостереження за значеннями атмосферного тиску і включення даних у зведення.

1. Організація спостережень за атмосферним тиском на аеродромах.
2. Аеродромне обладнання для спостережень за атмосферним тиском.
3. Правила та особливості кодування даних атмосферного тиску в регулярних та спеціальних зведеннях про погоду.
4. Баричне поле. Основні елементи баричного поля.
5. Вплив атмосферного тиску на зліт і посадку ПС.

Лекція 9. Вплив вітру на польоти повітряних суден. Повітряна, шляхова швидкості. Навігаційний трикутник. Еквівалентний вітер. Методи розрахунку.

Опорний конспект лекції

Вплив вітру на зліт, посадку та на політ літака. Крім температури та тиску на злітно-посадкові характеристики літака за інших рівних умов (польотна вага, сила тяги, стан ЗПС) дуже сильно впливає швидкість та напрям вітру.

Зліт та посадку літаків прагнуть здійснити проти вітру, тому що зустрічний вітер зменшує швидкість відриву ($V_{\text{від}}$) при зльоті й посадкову швидкість ($V_{\text{пос}}$) при посадці, отже, зменшує довжину розбігу та пробігу літака. Для оцінки зміни часу і довжини розбігу при штилі використовують співвідношення:

$$t_{\text{роз0}} = \frac{V_{\text{від}}}{j} \quad L_{\text{роз0}} = \frac{V_{\text{від}}^2}{2j}$$

де $t_{\text{роз0}}$, $L_{\text{роз0}}$ – час та довжина пробігу при штилі, відповідно; j – постійне середнє прискорення.

Зустрічний вітер при зльоті, створює додатковий обдув літака, збільшує шляхову 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 через те, що вітер створює лобовий опір, який разом з силою тертя коліс літака дуже 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.

Для зменшення довжини пробігу використовуються гальмові щитки, гальмові парашути, які здатні гасити до 30...40% кінетичної енергії літака під час пробігу, а також реверс тяги (зміна напрямку струменю газів, які виходять з ТРД). На літаках скороченого зльоту та посадки створюється вертикальна складова тяги (девіація тяги), яка дозволяє істотно зменшити $V_{\text{від}}$ та $V_{\text{пос}}$.

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. Тому 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 в тому, що пілоту доводиться боротися проти зносу літака. Неточне урахування 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 питома 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.

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.

Вплив вертикального зсуву вітру в найнижчому шарі атмосфери на зліт та посадку 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 в самому нижньому шарі атмосфери може спостерігатися дуже різка зміна вітру з висотою - *зсув вітру*. Під зсувом вітру β розуміють різницю векторів вітру на верхній та нижній межах цього шару: $\beta = |\Delta U|/\Delta z$, де $|\Delta U|=|U_v - U_n|$.

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.

Критерії інтенсивності зсуву вітру наведені в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 - Критерії для передачі повідомлень про величини зсуву вітру в якісних термінах (за ВМО та ІСАО)

Кількісна характеристика	Вплив на управління ПС	Вертикальний зсув вітру, м·с ⁻¹ на 30 м	Горизонтальний зсув вітру, м·с ⁻¹ на 600 м,	Швидкість верт. потоку, м·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 підймальної сили.

По рекомендації ІСАО напрям зсуву вітру визначається відносно напрямку руху літака (вісі ЗПС). Наприклад, в самому нижньому 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 приведе до його «провалювання» та до недольоту відносно ЗПС (рис. 9.1).

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

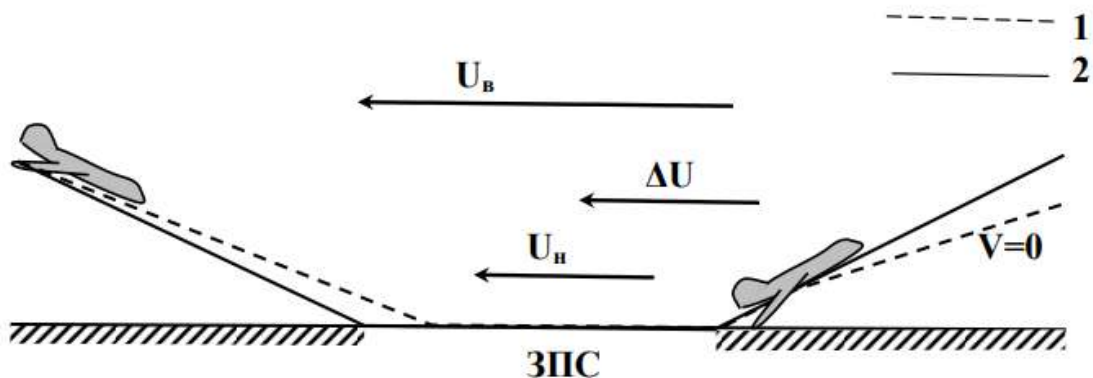


Рис. 9.1 Приклад впливу вертикального зсуву вітру на зліт та посадку. 1 – можлива, 2 - дійсна траєкторія руху ПС.

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.

Вплив вітру на путьову швидкість та напрям руху літака при горизонтальному польоті. Напрямок та швидкість вітру дуже впливають і на горизонтальний політ літака. В нерухомому повітрі напрям руху літака відносно поверхні землі збігається з напрямом його поздовжньої вісі. 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 та зветься путьовою швидкістю і позначається вектором \vec{W} .

Побудований за цими векторами трикутник має назву навігаційного трикутника швидкостей (рис. 9.2). Елементи навігаційного трикутника є змінними величинами: γ - магнітний курс (курс польоту); ϕ - кут зносу; α - дійсний курс; ε - кут вітру. Магнітний курс (γ) - це кут між північним напрямом географічного або магнітного меридіану N-S та напрямом поздовжньої вісі 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 $\sin\phi = \frac{u}{V} \sin\varepsilon$.

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.

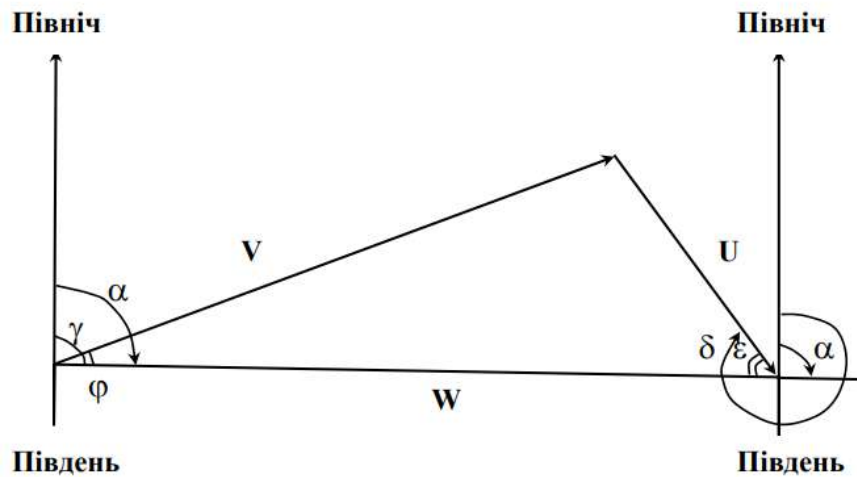


Рис. 9.2 Навігаційний трикутник швидкостей

Відношення швидкості вітру до повітряної швидкості літака в окремих випадках може досягати 0,2...0,3 та й більше, що свідчить про можливість значної зміни шляхової швидкості та великого зносу літака. Так, наприклад, максимальні кути зносу для дозвукових літаків типу ІЛ-62 при польоті в зонах СТ (струминної течії) можуть перевищувати 10...15°. Шляхова швидкість літака залежить від напрямку та швидкості вітру. Найбільший вплив на її величину має попутний ($\epsilon = 0^\circ$) і зустрічний ($\epsilon = 180^\circ$) вітер. При попутному вітрі шляхова швидкість підвищується на величину швидкості вітру, при зустрічному, навпаки, зменшується на цю ж величину. При попутному або зустрічному вітрі величина зміни шляхової швидкості не залежить від повітряної швидкості літака, а при боковому вітрі - залежить. В усіх випадках, коли на висоті польоту спостерігається боковий вітер, наприклад, зі швидкістю $150 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$, 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.

Максимальна дальність польоту (мінімальна кілометрова витрата палива) виходить при попутному вітрі ($\epsilon = 0^\circ$), мінімальна дальність (максимальна кілометрова витрата палива) при зустрічному вітрі ($\epsilon = 180^\circ$). Існує декілька способів визначення вітру в польоті. Однак суть усіх способів зводиться до безпосереднього знаходження вектору шляхової швидкості, тому, що:

1. \vec{V} - вектор повітряної швидкості, який завжди відомий екіпажу (він визначається за допомогою покажчика повітряної швидкості);
2. γ - курс літака відомий (визначається за допомогою різних покажчиків курсу);
3. ϕ - кут зносу відомий екіпажу;

4. α - шляховий кут визначається як $\alpha = \gamma + \phi$;

5. \vec{W} - визначають по наземним орієнтирам і за допомогою радіотехнічних, астрономічних та інших засобів;

6. Будують навігаційний трикутник та вектор вітру (\vec{u}) визначають як замикаючий вектор.

Еквівалентний вітер. Для урахування впливу вітру на величину шляхової швидкості введено поняття «еквівалентний вітер», яке ухвалено ІСАО. Еквівалентний вітер (ω) - це розрахунковий вітер, який завжди спрямований уздовж маршруту та чинить той же вплив на величину шляхової швидкості, що і фактичний вітер.

Згідно визначенню, еквівалентний вітер пов'язаний з величинами (модулями) повітряної \vec{V} та шляхової \vec{W} швидкостей співвідношенням:

$$\omega = |\vec{W}| - |\vec{V}|$$

Звідси випливає, що еквівалентний вітер являє собою скалярну величину, знак якої залежить від співвідношення між модулями шляхової та повітряної швидкостей. Якщо шляхова швидкість більша за повітряну, то еквівалентний вітер попутний (додатний), у протилежному випадку - зустрічний (від'ємний). Слід підкреслити, що еквівалентний вітер має певні переваги перед звичайними характеристиками вітру та полегшує вирішення цілого ряду навігаційних задач, які пов'язані з плануванням та виконанням повітряних перевезень. Якщо використати поняття еквівалентного вітру, то простіше вживати статистичний підхід при вирішенні питання про необхідний для польоту запас палива, при складанні розкладу руху літаків по повітряним трасам, при оцінці можливого часу прибуття до кінцевого пункту і т.д.

Семінар 9. Додаткова та допоміжна інформація у зведеннях про погоду.

1. Додаткова інформація в погодних зведеннях, правила кодування.
2. Допоміжна інформація в погодних зведеннях, правила кодування.
3. Інформація про небезпечні конвективні осередки, правила передачі та особливості кодування.
4. Передача інформації на погодні дисплеї.
5. Передача інформації органам ОПР та аеродромним службам.

Лекція 10. Типи турбулентності. Динамічна, механічна, орографічна турбулентність. Розрахункові критерії. Турбулентність ясного неба (ТЯН).

Опорний конспект лекції

Атмосферна турбулентність і польоти повітряних суден.

Турбулентність - це стан атмосфери, при якому спостерігаються неупорядковані вихрові рухи різного масштабу. Політ в умовах турбулентності супроводжується бовтанкою літака.

Бовтанка літака - це неоднорідні поштовхи і кидки, яких зазнає літак під час польоту.

У залежності від причини виникнення турбулентності її можна розділити на:

1. Термічну (конвективну).
2. Динамічну, що пов'язана з існуванням в атмосфері великих зсувів вітру (вертикальних та горизонтальних), які найчастіше спостерігаються у зонах струминних течій.
3. Механічну, що утворюється через тертя повітряного потоку об земну поверхню.

Інтенсивність усіх видів турбулентності залежить від часу року і доби. Влітку вона завжди буває розвинута сильніше ніж взимку, а в денні години спостерігається максимальний розвиток турбулентності, який значно слабшає вночі.

Динамічна турбулентність звичайно пов'язана з шарами інверсії або ізотермії температури, з тропопаузою.

Механічна турбулентність найбільш розвинута в гірських районах. На рівнинах вона звичайно поширюється до висоти 1000...1500 м, а над морем її межа розташовується нижче. Інтенсивність цього виду турбулентності залежить від швидкості вітру, ступеня шорсткості підстильної поверхні та ступеня стійкості повітря.

У реальних умовах турбулентний стан атмосфери є інтегральним проявом взаємодії одночасно декількох факторів. Тому повторюваність, структура та інтенсивність турбулентності залежить від характеру підстильної поверхні, положення (висоти) пункту, метеорологічних умов та ін. Найчастіше бовтанка спостерігається в нижньому 2-км шарі, де найкращі умови для розвитку термічної і механічної турбулентності. У середній тропосфері повторюваність бовтанки мінімальна. У верхній тропосфері повторюваність бовтанки зростає по мірі наближення до тропосфери або рівня максимальної швидкості вітру.

В різних баричних утвореннях інтенсивність турбулентності неоднакова. В циклонах та улоговинах інтенсивність і рівень турбулентності вище, ніж в антициклонах і гребнях. Найбільший розвиток одержує турбулентність в зонах фронтальних розділів, особливо у зонах холодних фронтів, що пов'язані з потужною купчастою і купчасто-дощовою хмарністю. Як зазначено раніше, політ в турбулентній атмосфері

супроводжується бовтанкою, тобто появою прискорень, що змінюють знак, лінійних коливань центра ваги літака і кутових коливань щодо центра ваги. Чим більше розміри літака та його швидкість, тим більш масштабне збурення повітряного потоку може впливати на режим його польоту. При однаковому стані турбулентності в атмосфері легкі типи літаків зазнають більш сильної бовтанки, ніж важкі.

Турбулентність ясного неба. На сьогоднішній день не існує ефективних засобів боротьби з бовтанкою, тому прогноз цього явища потрібен для його компенсації та вибору оптимального маршруту, що обминає турбулентні шари. Інтенсивна бовтанка може спостерігатися у хмарах та при ясному небі. Турбулентність при ясному небі (ТЯН) – небезпечне для авіації явище, що може призвести до трагічних льотних подій, внаслідок його несподіваності та відсутності зовнішніх проявів.

Види ТЯН:

1. Механічна турбулентність – обумовлена впливом неоднорідності підстильної поверхні на повітряні течії та неоднаковим її прогрівом.

2. Гірські хвилі – за своїм походженням це механічна турбулентність, але внаслідок специфіки їх впливу на політ повітряних суден, вони розглядаються окремо.

3. Турбулентність струминних течій верхньої тропосфери.

4. Турбулентність внутрішніх граничних шарів вільної атмосфери: тропопауза, тропосферний рівень максимальної швидкості, велопауза (рівень обертання вітру).

Турбулентність при ясному небі пов'язана з присутністю в атмосфері шарів з великими горизонтальними та вертикальними градієнтами швидкості вітру та температури. Гідродинамічні дослідження дозволили виявити, що турбулізація потоку повітря в окремих зонах поза шарами конвективної діяльності обумовлена зростанням амплітуд внутрішніх хвиль під впливом одного з наступних видів гідродинамічної нестійкості:

1. Гідродинамічна нестійкість основного потоку, що стратифіковано за швидкістю вітру та температурою (нестійкість Кельвіна-Гельмгольца), формується при невеликих значеннях числа Річардсона ($Ri < 0,25$). Горизонтальні розміри турбулентних шарів складають більш 100 км, а вертикальні – 1...1,5 км. Тривалість цієї нестійкості визначається еволюцією відповідного синоптичного об'єкту. Це первинна нестійкість.

2. Нестійкість внутрішніх гравітаційних хвиль (повторна нестійкість) встановлюється при $Ri > 0,25$ у шарах з сильно скривленими профілями температури (інверсії, ізотермії) та вітру (сильні зсуви вітру), особливо під нижньою межею інверсії. Чим менша стійкість шару повітря під інверсією,

тим швидше зростає амплітуда внутрішніх хвиль та ймовірність формування нових зон турбулентності.

3. Нестійкість критичного рівня виникає при великих значеннях числа Ri , менше, ніж перші два типи, але її складніше прогнозувати.

В тропосфері ТЯН має відносно велику повторюваність у залежності від географічної широти пункту. В середній та верхній тропосфері помірних широт ТЯН зустрічається приблизно в 10 % випадків, південніше повторюваність зростає до 15...20 %. В стратосфері ТЯН зустрічається значно менше, і в шарі 10...20 км складає приблизно 1 %.

При попаданні у зони ТЯН літаки частіше за все зазнають слабкої чи помірної бовтанки. Інтегральна повторюваність слабкої та помірної бовтанки у тропосфері складає 95%. Отже, тільки у 5% випадків може спостерігатися сильна бовтанка. Повторюваність сильної бовтанки у стратосфері на порядок нижча. Горизонтальні розміри зон ТЯН змінюються у широких межах, особливо у тропосфері, де можуть досягати в окремих випадках декількох сотень кілометрів. Однак, в 80 % випадків у верхньої тропосфері помірних широт протяжність турбулентних зон не перевищує 140 км, а над південними регіонами України – 170 км. В стратосфері зони ТЯН мають значно менші розміри. Так, в нижній стратосфері (10...20 км) у 80% випадків горизонтальні масштаби турбулентних зон не перевищують 80 км у помірних широтах Європи та 40 км у США. Це означає, що при перетині надзвуковим літаком у крейсерському режимі зон ТЯН бовтанка буде продовжуватись декілька секунд.

Зони ТЯН можуть бути безперервними (суцільними) та у вигляді окремих осередків з достатньо чіткими межами. Безперервні зони спостерігаються частіше, але на межах невеликих окремих центрів помічається більш сильна бовтанка. Товщина зон ТЯН також має залежність від географічної широти, висоти і аеросиноптичних умов. В середніх та високих широтах країн Східної Європи у 85...90% випадків товщина тропосферних турбулентних шарів не перевищує 1000 м, а стратосферних – 350 м. Таким чином, для зон ТЯН характерна сильно виражена просторова анізотропія. Вони мають вигляд плоских утворень з коефіцієнтом просторової анізотропії (відношення товщини турбулентної зони до її довжини) при 80% інтегральній повторюваності для верхньої тропосфери середніх широт - $7 \cdot 10^{-3}$, для нижньої стратосфери - $4 \cdot 10^{-3}$.

Фізична модель ТЯН запропонована Н.З. Пінусом у 70-ті роки ХХ ст. на базі численних експериментальних даних про структурні, просторові та енергетичні характеристики турбулентності. При аналізі зон ТЯН рекомендована наступна схема:

1. Будується карта горизонтальних та вертикальних зсувів вітру для шарів, товщина яких не перевищує 3 км.

2. Відзначаються потенційно можливі турбулентні зони, тобто проводять ізолінії з $0,6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}/100 \text{ м}$ через кожні $0,4 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}/100 \text{ м}$.

3. На побудовану карту зсувів вітру наносять інформацію від екіпажів ПС, що спостерігають за бовтанкою, для уточнення розмірів зон турбулентності.

Турбулентність у хмарах. Відповідно до експериментальних даних бовтанка у хмарах спостерігається частіше, ніж ТЯН та звичайно більш інтенсивна. Це відбувається тому, що у хмарах, особливо у купчасто-дощових, складаються найбільш сприятливі умови для розвитку турбулентності:

1. Часто спостерігається байдужа або нестійка стратифікація температури повітря.

2. Поля температури і густини повітря та зсуву вітру неоднорідні.

Також розвиток турбулентності стимулює локальне збільшення вертикальних градієнтів температури біля верхньої межі хмарних шарів. У шаруватих хмарах повторюваність бовтанки складає приблизно 40%, тобто значно більше ніж ТЯН. Швидкості вертикальних поривів, що фіксуються за перевантаженням літаків протягом польоту в цих хмарах, в переважній більшості випадків не перевищують $2...3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Проте над горами і в струминних течіях в шаруватих хмарах можуть спостерігатися окремі пориви, що мають швидкість до $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Найбільш сильна бовтанка спостерігається при польоті безпосередньо біля верхньої межі хмарного шару, особливо якщо вона нерівномірна, а також в неоднорідних по густині хмарах. Коефіцієнт турбулентності всередині шаруватих хмар порівняно швидко змінюється, досягаючи максимального значення біля їх меж. При розшарованій хмарності в безхмарних проміжках коефіцієнт, як правило, невеликий. Політ в шаруватих хмарах може протікати спокійно, якщо вертикальні рухи, що обумовлюють процес хмароутворення, мають маленькі швидкості (декілька сантиметрів в секунду) і носять впорядкований характер. Наприклад, при польоті в хмарах теплового фронту, коли виконуються відмічені вище умови, бовтанки не буває. У купчастих хмарах бовтанка літаків має найвищу повторюваність та інтенсивність. Усередині цих хмар, а іноді навколо їх, спостерігаються виключно сильні вертикальні і горизонтальні турбулентні пориви. Вірогідність зустрічі поривів з великими швидкостями в купчастих хмарах (особливо в купчасто-дощових) на 2-3 порядки вище, ніж при ясному небі.

Турбулентні вихори в купчастих хмарах мають характерний масштаб від декількох метрів до декількох десятків метрів. У середині купчасто-дощових хмар характерний масштаб турбулентних вихорів найчастіше не перевищує 200 м, проте разом з цим можуть спостерігатися турбулентні вихори розміром 500...1000 м з швидко змінними за часом значеннями і знаком швидкості. При вивченні умов польотів в купчасто-дощових хмарах необхідно брати до уваги також конвективні мезомасштабні вертикальні рухи повітря, що мають поперечні розміри до 10...12 км. Для них характерна порівняльна зміна з часом швидкості і тривале збереження знаку (протягом декількох хвилин). Таким чином, структура вертикальних рухів усередині купчасто-дощових хмар залежить від стадії їх розвитку і є результатом накладення турбулентних поривів на мезомасштабні вертикальні потоки.

Максимальні швидкості вертикальних рухів в період їх найбільшого розвитку досягають $40 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше. Так, над США була зафіксована максимальна вертикальна швидкість $63 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Згідно з теоретичними оцінками деяких авторів, в купчасто-дощових хмарах можуть спостерігатися більш значні вертикальні швидкості. Коефіцієнт турбулентності всередині купчасто-дощових хмар, що розвиваються, може перевищувати $500 \text{ м}^2\cdot\text{с}^{-1}$.

Турбулентність у зоні тропопаузи. Зона, що примикає до нижньої межі тропопаузи, характеризується більш високою повторюваністю бовтанки, оскільки тут існують зони великих вертикальних градієнтів температури. Розподіл турбулентності, що викликає бовтанку, не однаковий для полярної та тропічної тропопауз. При наближенні до полярної тропопаузи повторюваність та інтенсивність бовтанки зростає. У зоні між холодним фронтом та полярною тропопаузою з боку холодної частини струминної течії спостерігається максимальна повторюваність бовтанки, яка складає більш 50 %. Причому, в області тропопаузи може бути декілька турбулентних зон. При невеликих швидкостях вітру або збігу вісі струминної течії з тропопаузою максимальна повторюваність та інтенсивність бовтанки виявляється тільки під тропопаузою.

Якщо рівень максимальної швидкості вітру струминної течії лежить нижче тропопаузи, то формуються два турбулентних шари. Один розташовується безпосередньо під тропопаузою, а інший, більш виражений, з великою повторюваністю інтенсивної турбулентності - приблизно на 1,5 км нижче за рівень максимальної швидкості вітру. При розташуванні вісі струминної течії над тропопаузою може бути декілька шарів з інтенсивною турбулентністю: два шари - вище тропопаузи і один шар - під тропопаузою.

В нижній стратосфері антициклонічна частина струминної течії є холодною, тому вище вісі спостерігається протилежний характер розподілу

повторюваності та інтенсивності турбулентності: найбільша повторюваність і інтенсивність бовтанки мають місце при польотах на антициклонічній стороні струминної течії вище її вісі.

Семінар 10. Спостереження та донесення з борту повітряних суден.

1. Регулярні спостереження з борту повітряних суден.
2. Спеціальні спостереження з борту повітряних суден.
3. Правила передачі інформації з борту повітряних суден.
4. Особливості кодування інформації з борту повітряних суден.
5. Метеорологічне обслуговування експлуатантів та членів льотного екіпажу.

Лекція 11. Бовтанка ПС, та її прогноз. Синоптичні умови виникнення бовтанки. Класифікація, чисельний критерій.

Опорний конспект лекції

Бовтанка літака - це неоднорідні поштовхи і кидки, яких зазнає літак під час польоту. Під час польоту в зоні інтенсивної турбулентності виникає небезпека:

1. Втрати керування.
2. Ушкодження або деформації літака.
3. Руйнування конструкції.
4. Виходу на критичний кут атаки і втрати стійкості літака (завалювання на крило).
5. Вимикання двигуна через різке зменшення кількості повітря, що надходить у двигун, в результаті коливань літака. Це явище найчастіше спостерігається при польотах на великих висотах, де двигун найбільш чутливий до зміни витрати повітря.
6. Зниження працездатності екіпажу.
7. Зниження комфорту пасажирів через «повітряну хворобу».

Слід зазначити, що безпечний політ у зоні бовтанки можливий лише при визначеному інтервалі швидкостей. Так відбувається тому, що зі збільшенням швидкості польоту літак перетинає за одиницю часу більше вихорів та хвиль і, отже, число поштовхів збільшується. При цьому, якщо число поштовхів перевищує 100 за хвилину, то може з'явитися вібрація, яка особливо небезпечна для літака. Щоб уникнути небезпечних наслідків, швидкість польоту зменшують. Однак, зменшення швидкості польоту можливе лише до визначеного критичного значення, нижче якого літак втрачає стійкість і може зірватися у штопор.

Таким чином, при великих швидкостях починається небезпечна зона за умовами міцності, а при малих - за умовами керуваності. Критичні значення швидкості різні для різних типів літаків, а також залежать від швидкості

вертикальних поривів. Наприклад, для транспортного літака при швидкості вертикальних поривів $13 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, критична швидкість за умовами міцності складає $350 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$, а за умовами керованості – $220 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$. Безпечна швидкість польоту лежить в інтервалі $260\dots300 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.

Оцінка інтенсивності бовтанки. Інтенсивність бовтанки, якої зазнає літак при польоті в турбулентній атмосфері, прийнято характеризувати величиною перевантаження або його збільшенням.

Перевантаження – відношення суми всіх сил (за винятком ваги), що діють на літак, до ваги літака.

Таким чином,

$$n = \frac{P + R}{G}$$

де P - сила тяги двигуна, R - повна аеродинамічна сила, G - вага літака.

Як видно з формули, перевантаження є векторною величиною, тому його можна представити у вигляді трьох складових за відповідними координатними осями.

Аналіз експериментальних даних показав, що найбільшу величину має вертикальна складова перевантаження, тому її часто ідентифікують з перевантаженням у цілому. Похибка такого наближення, як правило, незначна. Перевантаження Δn ($\Delta n = n - 1$) вимірюються в частках значення прискорення вільного падіння g :

$$\Delta n = n - 1 = \pm \frac{V_{\omega_{\text{еф}}} \rho c_y^a}{2 \frac{G}{S}}$$

де $\omega_{\text{еф}}$ - ефективна вертикальна швидкість, c_y^a - похідна від c_y по α .

Перевантаження може бути виміряне в польоті за допомогою акселерометру. Основна частина приладу - масивне грузило (інертна маса), що підвішене на пружині. Прискорення визначається по зсуву грузила, з яким пов'язаний спеціальний пристрій, що реєструє та забезпечує запис перевантажень у польоті.

У залежності від інтенсивності бовтанку прийнято розділяти на:

1. Слабку ($0,8 \leq n \leq 1,2$ або $|\Delta n| \leq 0,2$ у частках g), коли спостерігається легка вібрація літака, що при тривалому впливі викликає неприємні відчуття в окремих пасажирів.

2. Помірну чи слабку за класифікацією ІСАО ($0,5 \leq n \leq 1,5$ або $0,2 \leq |\Delta n| \leq 0,5$), для якої характерні часті поштовхи, погойдування літака і зміна висоти польоту.

3. Сильну чи помірну за класифікацією ІСАО ($0 \leq n \leq 2,0$ або $0,5 \leq |\Delta n| \leq 1,0$), що супроводжується частими різкими кренами літака, зміною курсу й окремими кидками. Використання автопілоту ускладнене через великі перевантаження. При великих негативних перевантаженнях відчувається невагомість, а при позитивних - сильне притиснення до крісла. Предмети, що не закріплені, зміщуються. Ходьба по салону може викликати травми пасажирів.

4. Штормову чи сильну за класифікацією ІСАО ($0 > n > 2,0$ або $|\Delta n| > 1,0$), спостерігаються винятково різкі кидки літака, відхилення по висоті та курсу. Погіршується керуваність літаком, і при неправильних діях пілота створюється небезпечний для міцності ПС режим польоту. Пасажири з ременями, що не пристебнуті, можуть одержати серйозні травми.

Бовтанка літаків на атмосферних фронтах. Бовтанка літаків може спостерігатися на холодних і теплих атмосферних фронтах, а також на фронтах оклюзії. Повторюваність бовтанки на холодних фронтах найбільша в порівнянні з іншими атмосферними фронтами. Особливо небезпечні для виконання польотів хмарні системи холодних фронтів другого роду, де буває бовтанка дуже великої інтенсивності. В результаті вимушеного підйому теплого повітря на цих фронтах розвиваються сильні висхідні рухи, які призводять до утворення потужних купчастих і купчасто-дощових хмар. В теплу пору року на холодних фронтах часто розвивається грозова діяльність. В такому разі сильна бовтанка спостерігається не тільки на всіх висотах в хмарах, але і навколо їх, а іноді захоплює і стратосферні ешелони.

Над Україною в теплий період року холодні фронти можуть бути слабко виражені в полі хмарності і температури повітря біля поверхні землі. Проте, і тут холодні вторгнення супроводжуються різким збільшенням інтенсивності турбулентності і, отже, посиленням бовтанки.

Ступінь турбулентності на холодному фронті залежить від швидкості горизонтального руху холодної повітряної маси щодо теплого повітря перед фронтом, що наступає (імпакт-чинник). За значення імпакт-чинника приймають суму швидкості переміщення фронту і нормальної до фронту складової градієнтного вітру в теплому повітрі (складова позитивна, якщо вона направлена до фронту, і негативна при протилежному напрямі).

Повторюваність бовтанки та її інтенсивність прямо пропорційні значенню імпакт-чинника. При аналізі турбулентного стану необхідно приймати до уваги вертикальний розподіл температури повітря. Залежно від значення вертикального температурного градієнта термічний чинник сприяє або розвитку турбулентності, або її загасанню. В хмарах теплому фронту бовтанка спостерігається менше, ніж в хмарах холодного фронту, і вона менш інтенсивна. Це пояснюється значно меншими температурними контрастами у фронтальній зоні і меншим кутом нахилу фронтальної поверхні. Проте, літом при підйомі теплого повітря з великим вологовмістом по клину поволі відступаючого холодного повітря внаслідок великої вологонестійкості теплого повітря на теплому фронті можливий розвиток грозової діяльності. При попаданні літака в окремі грозові осередки, що виникають на теплому фронті, він випробувуватиме дуже інтенсивну бовтанку. В разі теплих фронтів імпакт-чинник визначається за складовою градієнтного вітру в теплому повітрі, нормальної до фронту, і за швидкістю теплому фронту (швидкості віднімаються). При великих значеннях імпакт-чинника (більше $50 \text{ км} \cdot \text{год}^{-1}$) грози на теплих фронтах можуть спостерігатися як на віддаленні

200...300 км від приземної лінії теплового фронту, так і безпосередньо на самому фронті.

При перетині літаком фронтальних зон інтенсивність бовтанки, як правило, зростає при переході з теплої повітряної маси на холодну. Бовтанка (її характер і повторюваність) в хмарних системах фронтів оклюзії майже нічим не відрізняється від бовтанки в зонах холодних і теплих фронтів і залежить від типу фронту оклюзії, а також від особливостей термобаричного поля в зоні фронту.

Орографічна бовтанка. Польоти над гірськими районами особливо складні, оскільки тут створюються умови, сприятливі для виникнення небезпечних для авіації явищ. Завдяки взаємодії механічних і термодинамічних чинників в гірських районах виникають і розвиваються гірсько-долинна циркуляція, купчасто-дощові хмари з інтенсивною турбулентністю, зливи, грози, град, шквалисті вітри і гірські хвилі. Ступінь розвитку турбулентності в гірських районах залежить від форми і розмірів гірського масиву, від напрямку вітру щодо гірського хребта, від швидкості вітру і характеру зміни його з висотою. Найбільшій деформації повітряні потоки піддаються на підвітряній стороні гірських хребтів, де утворюються турбулентні вихори найрізноманітнішого масштабу. За певних умов, коли повітряні течії направлені до гірського ланцюга, тут виникають, так звані, *гірські хвилі*. Це стаціонарна зона, в якій може розвиватися виключно інтенсивна турбулентність з дуже великими швидкостями висхідних і низхідних потоків.

Перші теоретичні дослідження обтікання гірських хребтів повітряним потоком були виконані М.Є. Кочиним. Він розглянув завдання обтікання нерівностей рельєфу потоком ідеальної рідини, що не стискається. На підставі теоретичних досліджень встановлено, що виникнення підвітряних хвиль залежить від розподілу по висоті параметра Дородніцина-Скорера:

$$l^2 = \frac{g \gamma_a - \gamma}{T \bar{u}^2}$$

де \bar{u} - середня складова швидкості вітру, нормальна до напрямку хребта в даному шарі; T - середня температура повітря в даному шарі; γ_a і γ - сухоадіабатичний і дійсний вертикальний градієнт температури повітря, відповідно.

Якщо параметр l^2 зменшується з висотою, слід чекати розвитку хвиль. Обчислення параметра l^2 зазвичай проводиться по шарах через 0,5 км або 50 гПа. При монотонній зміні температури і швидкості вітру з висотою можна брати шари через 1 км, або 100 гПа, а у разі швидких змін цих елементів товщину шарів доцільно зменшити.

Необхідно мати на увазі, що хвилі можна виявити і за орографічними хмарами, які розвиваються лише при достатній вологості повітря. У вихорах, що утворюються в нижньому шарі при хвильовій або роторній течії, часто розвиваються роторні хмари, що відрізняються сильною турбулентністю. При спостереженні з повітря ці хмари нагадують смуги купчастих хмар. Основа хмари зазвичай знаходиться на рівні гребеня гірського хребта або нижче, тоді як вершина може бути значно вище за гребінь. Цей вид хмар нерідко спостерігається в Криму над південним схилом хребта при сильному північно-західному вітрі, як правило, незабаром після проходження холодного фронту.

Відомості про орографічні хмари за відсутності даних радіозондування є єдиним критерієм наявності хвиль і вихорів.

При аналізі можливості розвитку гірських хвиль необхідно враховувати:

1. **Зміну синоптичних умов.** В першу чергу слід визначити можливість наближення або проходження фронтів, які зазвичай викликають різкі зміни вертикального розподілу вітру і температури.

2. **Наявність струминних течій.** Існування струминної течії з великими зсувами вітру сприяє утворенню потужних хвиль з підвітряного боку гірських систем.

3. **Особливості рельєфу.** Часто гірські райони складаються з ряду окремих піків або хребтів. Збурення, що створюються кожним з них, можуть істотним чином змінювати загальний хвильовий потік.

4. **Добові і сезонні зміни.** У ясну погоду радіаційне охолодження повітря сприяє утворенню інверсій у нижньому шарі атмосфери і тим самим розвитку підвітряних хвиль. Крім того, у кожному районі є сезонні зміни повторюваності хвильових явищ. За даними Ферхготта, над підвітряними схилами хребтів висотою до 1000 м гірські хвилі з'являються протягом всього року, а над найбільш високими гірськими хребтами зустрічаються частіше всього взимку.

Багато дослідників орографічної турбулентності підкреслюють важливість і необхідність обліку аеросиноптичних умов, в першу чергу температурної стратифікації атмосфери і вертикального профілю швидкості вітру, а також напряму провідного потоку по відношенню до гірського хребта. Синоптичні процеси, що обумовлюють сильні вітри в гірських районах, поділяються на шість типів.

I. Наближення і проходження через гірський хребет активної фронтальної зони, що направлена поперек хребта.

II. Наближення і проходження через гірський хребет малоактивної фронтальної зони, що направлена поперек хребта.

III. Наближення і проходження через гірський хребет паралельно направленої активної фронтальної зони.

IV. Наближення і проходження через гірський хребет паралельно направленої малоактивної фронтальної зони.

V. Процеси в тилевій частині циклону після проходження через гірський хребет паралельно розташованого до нього активного фронту.

VI. Процеси в тилевій частині циклону після проходження через гірський хребет паралельно розташованого до нього малоактивного фронту.

Семінар 11. Метеорологічне обслуговування експлуатантів та членів льотного екіпажу.

1. Вимоги до метеорологічної інформації.
2. Особливості та порядок взаємодії з диспетчерами ОНР.
3. Особливості та порядок взаємодії з аеродромною службою.
4. Підготовка передпольотної документації.
5. Порядок проведення консультацій членів льотного екіпажу.

Лекція 12. Зледеніння літака та його прогноз. Класифікація відкладень льоду на ПС та ЗПС. Метеорологічні і синоптичні умови формування. Авіаційний прогноз зледеніння.

Опорний конспект лекції

Причини зледеніння повітряних суден. До небезпечних для польотів метеорологічних явищ відносяться зледеніння повітряних суден і ожеледь.

Як відомо, сучасні літаки, вертольоти та гелікоптери обладнані системами, що спрямовані проти обледеніння. Але при забезпеченні безпеки польотів постійно треба 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, через що порушується безпека цих етапів польоту.

Зледеніння ПС - явище, при якому літальний апарат під час польоту або стоянки на аеродромі покривається шаром льоду. Зледеніння приводить до збільшення ваги ПС і витрати пального, до зменшення тяги двигунів. Лід на склі кабіни пілотів погіршує умови огляду, ускладнює заходження ПС на посадку. Внаслідок зледеніння зовнішніх антен порушується радіозв'язок. Головна небезпека при зледенінні в тому, що порушуються аеродинамічні якості літальних апаратів. Зледеніння зазнають, в основному, носові (лобові) частини літака. При цьому порушується форма профілю обтікання, появляються нерівності на його поверхні, що впливає на політ літака через

зростання опору. При горизонтальному польоті гелікоптера в умовах зледеніння лід наростає на лопастях несучого та хвостового гвинтів, стабілізаторі, шасі, лобової частини кабіни. Найбільшу небезпеку складає обледеніння гвинтів, тому що збільшується навантаження на лопаті, що, в свою чергу, порушує рівновагу двигуна і утворює сильну вібрацію.

Лід на літаку відкладається в результаті замерзання крапель води (хмар, туману, мряки, дощу), що осідають на його поверхню, або внаслідок сублімації водяної пари. В обох випадках температура поверхні літака повинна бути від'ємною. Теоретично доведено, що суттєве сублімаційне зледеніння неможливе, та основною причиною зледеніння літака є замерзання переохолоджених крапель води, які стикаються з його поверхнею. Багаторічна льотна практика показала, що інтенсивне і небезпечне зледеніння може бути тільки при польоті в зоні переохолоджених крапель води. Зледеніння ПС відбувається в хмарах, що знаходяться в шарі від поверхні землі до висоти 2...3 км. При від'ємних температурах найбільш імовірно зледеніння в водяних хмарах. В змішаних хмарах зледеніння залежить від водності. У внутрішньомасових шаруватих і шаруватодощових хмарах при температурах від 0 до -10°C майже завжди спостерігається зледеніння. Ці хмари розташовуються під шарами інверсії і мають значну водність біля верхньої межі хмарності. У фронтальній хмарності найбільш інтенсивне зледеніння ПС відбувається в купчасто-дощових хмарах холодних фронтів. В шаруватодощових і високошаруватих хмарах теплому фронту інтенсивне зледеніння спостерігається, якщо випадають слабкі опади або зовсім не випадають; а при сильних облогових опадах на теплому фронті імовірність зледеніння дуже мала. Найбільш інтенсивне зледеніння може відбуватися при польоті під хмарами в зоні переохолодженого дощу і/або мряки. В хмарах верхнього ярусу зледеніння мало імовірно, але можливе інтенсивне зледеніння в Cs, Cc, якщо вони залишились після руйнування грозових хмар. Зледеніння можливе при температурі від $+5$ до -50°C в хмарах, тумані, опадах. Найчастіше зледеніння ПС спостерігається при температурі повітря від 0 до -20°C , особливо від 0 до -10°C .

Зледеніння відбувається внаслідок таких причин:

1. Сублімації 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.

2. Замерзання переохолоджених крапель на поверхні ПС. Це основна причина зледеніння літаків з газотурбінними двигунами. Осаджування крапель залежить від швидкості польоту.

Відкладення льоду в польоті залежать 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°C .

Матовий лід виникає при польоті в мішаних хмарах, які складаються з великої кількості дрібних і великих крапель, а також з кристаликів льоду і сніжинок. Таке відкладення льоду виникає частіш за все при температурі від -6 до -10°C і є найбільш небезпечним видом зледеніння.

Білий лід виникає внаслідок замерзання дрібних крапель при температурі нижче -10°C . Такий вид зледеніння буває в хмарах, які складаються з однорідних дрібних крапель.

Паморозь утворюється при польоті в хмарах при температурі значно нижчій за -10°C . Паморозь виникає при замерзанні дрібних крапель разом з кристаликами льоду.

Іній виникає внаслідок сублімації водяної пари.

При аналізі і прогнозі умов зледеніння повітряних суден необхідно враховувати не тільки стан атмосфери, а й особливості конструкції ПС, його швидкість і тривалість польоту. Ступінь небезпеки зледеніння можна оцінити за швидкістю наростання льоду. Характеристикою швидкості наростання є інтенсивність зледеніння I (мм/хв). По інтенсивності розрізняють зледеніння слабе ($I \leq 0,5$ мм/хв), помірне ($I=0,6\dots 1,0$ мм/хв), сильне ($I > 1,0$ мм/хв). Інтенсивність зледеніння відзначається відношенням:

$$I = 1,67 \cdot 10^{-2} \frac{wVE(r)\beta}{\rho_{\text{л}}}$$

де w – водність хмар, %; V – повітряна швидкість літака, $\text{км}\cdot\text{год}^{-1}$; $\rho_{\text{л}}$ – густина льоду, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$; $E(r)$ – інтегральний коефіцієнт осідання (захвату) крапель; r – радіус крапель, β – коефіцієнт намерзання. Інтегральний коефіцієнт осідання це відношення маси води, що фактично осіла на літак, до всієї її маси, що осіла б при відсутності скривлення траєкторій крапель води під час обтіканні літака потоком повітря. Коефіцієнт намерзання це відношення маси льоду, що наростає, до маси води, що осіла протягом того же часу до тієї же поверхні. При температурі повітря нижче -5°C коефіцієнт намерзання змінюється незначно і дорівнює приблизно 1. Для літаків з поршневіми двигунами небезпечне зледеніння навіть товщиною 3...4 мм, і його інтенсивність розраховується як: $I=10^{-6}wV$.

Метеорологічні і синоптичні умови зледеніння. Синоптичні умови, які сприяють зледенінню, в першу чергу пов'язані з розвитком фронтальної хмарності. У фронтальних хмарах імовірність помірного і сильного зледеніння в декілька разів вища порівняно зі зледенінням у внутрішньомасових хмарах (51% в зоні фронту і 18% в однорідній повітряній масі, відповідно).

Імовірність сильного зледеніння 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 зледеніння спостерігається в 300...500 км від лінії фронту, його імовірність – 19%.

Повторюваність зледеніння в осінньо-зимовий період більш велика, і на різних висотах вона різна. Так, взимку при польотах на висотах до 3000 м зледеніння спостерігається в більш, ніж 50% випадків, а на висотах більше 6000 м зменшується до 20%. Влітку до висот 3000 м зледеніння не виникає, а при польотах на висотах більше 6000 м становить 60% і більше. При прогнозі зледеніння також необхідно враховувати стан і еволюцію хмар, стан повітряної маси. Імовірність зледеніння в хмарах в першу чергу пов'язана з температурою оточуючого повітря T - одним з основних факторів, що визначає водність хмар. Додаткову інформацію про можливість зледеніння несуть дані про дефіцит точки роси ($T - T_d$) і характер адвекції в хмарах. Так, якщо при дефіциті точки роси більше 3°C на рівні польоту в хмарах спостерігається адвекція холоду, то імовірність відсутності зледеніння становить лише 60%, а в решті 40% випадків імовірно невелике зледеніння літаків. У випадках адвекції тепла або нейтральної адвекції при дефіциті точки роси 3°C імовірність відсутності зледеніння становить 100%. При дефіцитах точки роси менш 3°C в зонах адвекції холоду у фронтальних хмарах, у купчастих хмарах, що розвиваються, з імовірністю 100% слід очікувати слабке і помірне зледеніння. В зонах адвекції тепла імовірність такого зледеніння становить лише 33%.

Імовірність інтенсивного зледеніння істотно залежить від вмісту рідкої води в хмарах. Найбільш водяні, добре розвинуті купчасті хмари (Cu cong, Cb), які формуються внаслідок значних (кілька 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 зледеніння 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 зледеніння в цих хмарах - помірна. Імовірність зледеніння в St-Sc зростає зі збільшенням їх товщини до кількох сотень метрів. Зледеніння в Ns, з якими пов'язані опади, мало імовірно. Хмари середнього ярусу As, As

водяні до температур $-10\dots-12^{\circ}\text{C}$, тому імовірність помірного зледеніння літаків становиться $60\dots70\%$. Перисті хмари складаються з льодових кристалів, тому слабке зледеніння спостерігається лише в 5% випадків.

Рекомендації щодо прогнозування зледеніння літака.

1. Для прогнозу зледеніння після визначення наявності хмар проводиться аналіз розташування ізотерм $0, -10, -20^{\circ}\text{C}$. Зледеніння сучасних літаків найбільш імовірно при температурі не нижче -12°C .

2. При польоті з великими швидкостями внаслідок гальмування і стиснення повітряної течії попереду профілю обтікання здійснюється перетворення кінетичної енергії в теплову, відбувається, так зване, кінетичне нагрівання поверхні літака. За рахунок кінетичного нагрівання температура поверхні літака перевищує температуру навколишнього повітря. Кінетичне нагрівання поверхні літака $\Delta T_{\text{к}}$ поза хмар можна визначити за формулою:

$$\Delta T_{\text{к}} = \frac{V^2}{2000}$$

де V - повітряна швидкість літака, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$. В хмарах кінетичне нагрівання $\Delta T_{\text{к}}^{\text{хм}}$ на $40\dots50\%$ менше.

Температура поверхні літака $T_{\text{л}}$, визначається за формулою: $T_{\text{л}} = T + \Delta T_{\text{к}}^{\text{хм}}$. При польоті зі швидкістю V зледеніння можливе, якщо $T_{\text{л}} < 0$.

3. Наявність даних радіозондування дозволяє в оперативній практиці використовувати для прогнозу зледеніння співвідношення Годске $T_{\text{нл}} = -8(T - T_d)$, яке зв'язує дефіцит точки роси з температурою насичення над льодом.

На аерологічну діаграму наноситься крива значень $T_{\text{нл}}$, визначених до десятих градуса, і виділяють шари, в яких $T \leq T_{\text{нл}}$. Інтенсивність зледеніння оцінюється за допомогою таких параметрів:

- при $T - T_d = 0^{\circ}\text{C}$ зледеніння в хмарах As, Ns (у вигляді паморозі) буде слабким і помірним; в St, Sc, Cu (у вигляді льоду) - помірно і сильне;

- при $T - T_d > 0^{\circ}\text{C}$ в чисто водяних хмарах зледеніння мало імовірно, в змішаних хмарах - переважно слабке, у вигляді паморозі.

Якщо дані радіозондування відсутні, то діагноз і прогноз зледеніння може бути проведений на основі аналізу карт АТ-850, АТ-700 і АТ-500 гПа. Можливість розвитку шаруватої хмарності (потенційних зон зледеніння) при виконанні умови $-25 \leq T \leq 0^{\circ}\text{C}$ визначається за формулами:

$$L_{850} = 0,239T + 1,701(T - T_d) - 2,046q - 1,751;$$

$$L_{700} = 0,091T + 0,654(T - T_d) - 1,313q - 1,011;$$

$$L_{500} = 0,102T + 0,675(T - T_d) - 2,301q - 0,256;$$

де T - температура повітря, $^{\circ}\text{C}$; T_d - точка роси, $^{\circ}\text{C}$; q - масова частка водяної пари на відповідному рівні, $\%$.

У зоні зниження і набору висоти необхідно визначити нижній рівень обмерзання в шарі хмар, тобто рівень, вище якого температура поверхні літака може бути від'ємною. Для цього слід до висоти нульової ізотерми додати величину δT , яку визначають за рис. 12.1.

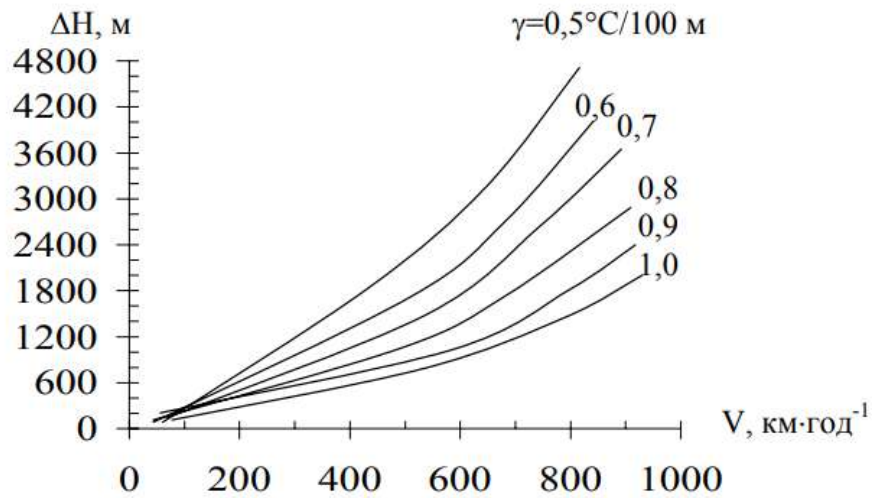


Рис. 12.1. Різниця висот між нульовою ізотермою і рівнем початку зледеніння в залежності від швидкості польоту V і вертикального градієнту температури γ .

4. Інтенсивність зледеніння літаків при наявності аерологічних даних можна визначити за допомогою номограми (рис. 12.2), яка виражає залежність умов зледеніння від висоти нижньої межі хмар $H_{\text{нмх}}$ і температури $T_{\text{нмх}}$.

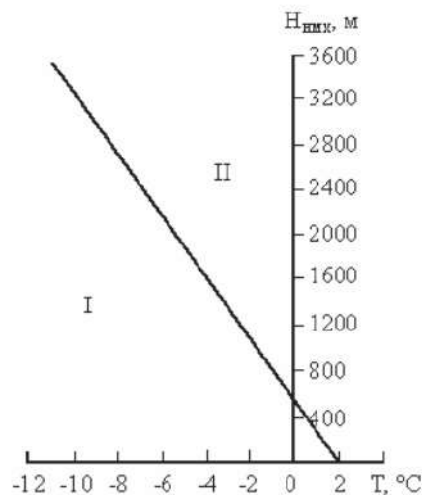


Рис. 12.2. Графік для прогнозу умов помірної та сильної зледеніння (I) і відсутності зледеніння (II) в хмарах.

Для визначення інтенсивності зледеніння I (мм/хв) при польоті через шарувату хмарність слід використовувати номограму параметри якої: температура нижньої межі хмар $T_{\text{нмх}}$ (°C), вертикальний градієнт температури

в хмарах $\gamma(^{\circ}\text{C}/100\text{м})$, товщина хмарного шару $\Delta\text{Н}$ (сотні метрів) і швидкість польоту літаку V ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$).

Семінар 12. Робота зі щоденником погоди АВ-6.

1. Зміст граф щоденника погоди АВ-6.
2. Інформація, що автоматично фіксується в АВ-6.
3. Інформація, що вноситься в АВ-6 вручну.
4. Особливості внесення інформації про явища поточної погоди в щоденник АВ-6.

Лекція 13. Вплив конвективних явищ на польоти. Грози, шквали, смерчі як небезпечні явища для авіації. Методи ідентифікації: синоптичні, дистанційні, радіолокаційні.

Опорний конспект лекції

Гроза є комплексним атмосферним явищем з багатократними електричними розрядами у вигляді блискавок, які супроводжуються громом. Гроза пов'язана з розвитком потужних купчасто-дошових хмар. При грозах спостерігаються інтенсивні зливові опади у вигляді дощу, граду, а іноді і снігу. Сухі грози, що не супроводжуються опадами, зустрічаються рідко.

Гроза — найбільш небезпечне метеорологічне явище. Розвиток нестійкості атмосфери, результатом якого є бурхливе утворення купчасто-дошових хмар з великими електричними зарядами, залежить від місцевих умов і характеру підстильної поверхні. Внаслідок складності і великої кількості чинників, що визначають умови розвитку грозової діяльності, її важко прогнозувати для конкретного пункту. Щоб уникнути несподіваної появи грози в районі аеропорту, організовується штормове сповіщення і попередження. Над Україною грози найчастіше спостерігаються в районі Прикарпаття та Подільської височини (в середньому 35-40 днів з грозою у рік, і до 45 днів у високогірних районах) та на північному сході України, на Донбасі і на Приазовській височині. Польоти в грозу небезпечні з наступних основних причин:

1. Через інтенсивну турбулентність в хмарах, що здатна викликати сильну бовтанку і перевантаження літака, які перевищують гранично допустимі.
2. Внаслідок сильного зледеніння на висотах, де температура нижче 0°C .
3. Через можливість ураження літака блискавками.

Грозові хмари характеризуються максимальною вертикальною протяжністю 7...9 км, а іноді і більше. Наприклад, під час сильних гроз та шквалів зі швидкістю $25\text{...}32 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, що спостерігалися у західних областях України 23 липня 1997 р., висота верхньої межі купчасто-дошової хмари, за даними радіозондування, складала майже 13 км. Над Флоридою (США)

найбільша вертикальна протяжність хмар при грозі, що визначена з літака, дорівнювала приблизно 20 км.

Найнебезпечніше при попаданні в грозову хмару — втрата керування літаком, безладне його падіння і перевантаження катастрофічного характеру, що здатні зруйнувати літак. Спеціальні дослідницькі польоти, проведені в США, показують, що потужні нерегульовані рухи в грозових хмарах створюють перевантаження літака до $\pm 2g$. Вони хоч і менше експлуатаційних, але надзвичайно небезпечні тим, що накладаються на маневрені перевантаження і можуть створити сумарне перевантаження, що перевищує гранично допустиме, внаслідок чого літак може руйнуватися.

Крім того, потрібно мати на увазі, що в грозових хмарах можливі дуже високі швидкості вертикальних рухів повітря. За непрямыми даними, наприклад по вазі градин, що випадають, вони можуть досягати $60 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Найбільшу небезпеку представляє попадання літака в зону сильних вертикальних рухів у верхній частині грозової хмари, де різниця між максимальною і мінімальною швидкостями польоту і допустимі перевантаження менші, ніж в нижній тропосфері. Поблизу стелі літака допустиме перевантаження значно менше. Тому при сильній бовтанці виникає небезпека виходу літака на закритичний кут атаки, внаслідок чого можуть зупинитися двигуни, і керування літаком може бути втрачено.

При сильних неупорядкованих вертикальних рухах повітря незалежно від керування літаком різко змінюються кути атаки, а звідси підйомна сила і лобовий опір. В результаті літак неупорядковано кидає вгору і вниз. Відмічені випадки, коли швидкість вертикальних поривів в хмарах досягала $34 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, літак кидало на 1700 м, а його вимушений крен при бовтанці складав 60° .

Внаслідок великої водності купчасто-дощових хмар і їх змішаної структури при негативних температурах повітря дуже вірогідне зледеніння. Значну небезпеку для польотів представляють електричні розряди. Вони відбуваються між хмарами і землею, між хмарами та між різними частинами хмари, і літак може опинитися на шляху блискавки.

Блискавка — це гігантський іскровий електричний розряд між різнойменними об'ємними зарядами. Довжина лінійної блискавки зазвичай складає декілька кілометрів, але може досягати 20 км і більше. Основний канал блискавки має декілька відгалужень завдовжки 2...3 км, що підвищує вірогідність удару блискавки в літак. Середня швидкість руху блискавки $150 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1}$. Сила струму всередині каналу блискавки доходить до 200 000 А. Температура плазми в блискавці перевищує $10\,000^\circ\text{C}$. Вірогідність поразки блискавкою гвинтомоторних літаків невелика, оскільки маса таких літаків відносно мала і, як правило, не може викликати на себе електричний розряд. Можливість поразки блискавкою сучасних багатомісних реактивних лайнерів більш велика.

Поразка літака блискавкою може призвести до тяжкої льотної події. Аналіз авіаційних катастроф і спеціальні дослідження показують, що

фактична імовірність P_{ϕ} поразки літаків блискавками в активних в грозовому відношенні хмарах дорівнює приблизно 10^{-2} , тобто блискавка потрапляє в літак в середньому один раз за 100 проходів через грозову хмару. Іншими словами, якщо за час знаходження літака в хмарі в ній спалахне 100 блискавок, то лише одна з них ударить в літак.

Розрахункова ж імовірність P_p зустрічі літака з блискавкою в активній грозовій хмарі, якщо поява літака не позначається на траєкторії блискавки, значно менше: $P_p \leq 10^{-4}$. Інакше кажучи, на 10 000 прольотів літака через грозові хмари блискавка може ударити в літак тільки один раз.

Розбіжність між P_p і P_{ϕ} обумовлена тим, що сам літак, будучи своєрідним провідником, «викликає» на себе блискавку, що близько проходить. Якщо характерна довжина літака l_c , то блискавка, що проходить від нього на відстані, рівній або меншій $2l_c$, в 90% випадків ударить в літак. Літак, що знаходиться в електричному полі, поляризується. Коли блискавка проходить від літака на відстані не більш $2l_c$, напруженість поля в його крайніх точках різко посилюється. Назустріч рухомій блискавці викидається «стрімер» — електрична іскра, що з'єднується з блискавкою і направляє її до літака.

Якщо хмари в грозовому відношенні малоактивні, але літак летить в них протягом часу, за який на ньому накопичується чималий заряд, і потенціал літака по відношенню до навколишнього середовища перевищує 1000000 В, то може відбутися електричний розряд. Таким чином, за певними умовами, літак може бути уражений блискавкою і в шарувато-дощових хмарах, якщо вони володіють електричним полем, достатнім для підтримки розряду, а літак несе електричний заряд, необхідний для початку розряду. Блискавка, викликана появою літака в таких хмарах, неминуче ударить в літак.

Безпеку польотів в зоні грозової діяльності допомагають підвищити наземні і бортові радіолокатори. За їх допомогою екіпаж може виявити грозові осередки за інтенсивністю засвітлення, визначити напрям і швидкість руху грозових хмар, та обійти небезпечні для польоту зони. Щоб успішно подолати зону грозової діяльності, екіпаж зобов'язаний прийняти всі залежні від нього заходи безпеки. Ще до польоту він повинен отримати в метеорологічному підрозділі консультацію про метеорологічну обстановку. Знаходячись у польоті, потрібно уважно стежити за погодою, щоб не зустріти грозу несподівано. Якщо на літаку є радіолокатор, необхідно використовувати його для виявлення грози, визначення відстані до неї і швидкості переміщення купчасто-дощових хмар.

Грози виникають в купчасто-дощових хмарах, які в цьому випадку називаються грозовими. У грозових хмарах сконцентрована колосальна енергія. Як правило, в грозовій хмарі невеликих розмірів при конденсації водяної пари виділяється така ж кількість тепла, як при вибуху атомної бомби середнього розміру. Вся ця величезна теплова енергія, що виділяється при конденсаційних процесах, витрачається на розвиток в хмарі висхідних потоків, які підтримують у зваженому стані сотні тисяч тонн води.

У грозових хмарах найбільшу загрозу для авіації представляють такі небезпечні явища, як сильна турбулентність, потужні вертикальні струмені повітря, інтенсивне зледеніння, електричні заряди, град і зливові опади. Іноді всі ці небезпечні явища можуть спостерігатися одночасно. Під хмарами небезпеку становлять шквалісті вітри, що досягають ураганної сили, смерчі, зливи, між хмарами сильні спадні і висхідні повітряні потоки.

При польоті в грозовій хмарі або поблизу неї може статися потрапляння блискавки в літак. Ймовірність ураження літаків зростає із збільшенням маси і швидкості польоту повітряного судна. Найбільш часто вражаються блискавкою радіоантени, крила, стабілізатор і фюзеляж.

З грозовими розрядами тісно пов'язані атмосферні радіоперешкоди (атмосферіки), які викликають радіоперешкоди – особливо на довгих хвилях. Вони створюють шум і тріск у навушниках.

Град – опади у вигляді льодяних ядер сферичної форми чи часток криги (градини), діаметром від 5 до 50 мм, інколи більше, що випадають ізольовано.

Опади у вигляді граду спостерігаються, як правило, при сильних грозах влітку, коли температура біля земної поверхні не нижче 20 °С. Частіше за все він проходить вузькою (не більше 10 км), проте довгою (інколи на сотні кілометрів) смугою.

Велику небезпеку для польотів в грозових хмарах і під ними являє град і, хоча град буває не при кожній грозі, але за статистикою в середньому на 10-15 випадків гроз.

Випадання граду це не тільки небезпечне або стихійне лихо для народного господарства, але також і для авіації. Він може пробити обшивку літака на стоянці, а в польоті може постраждати не тільки обшивка, але і скло кабіни і обтічники антен.

При польотах на літаках, що не мають радіолокаторів, потужні купчасті і купчасто-дощові хмари, що примикають до грозових осередків, дозволяється обходити тільки візуально на відстані не менше 10 км. Якщо обхід таких хмар на заданій висоті неможливий, в рівнинній або пагористій місцевості дозволяється летіти під ними тільки вдень, візуально, обминаючи зону злизових опадів. Висота польоту над місцевістю і висота нижньої межі хмар над літаком повинні бути при цьому не менше 200 м.

На літаках, що мають бортовий радіолокатор, дозволяється обходити грозові (зливові) осередки, що видимі на індикаторі, на відстані не менше 15 км. Перетин фронтальної хмарності з окремими грозовими осередками можна проводити в тому місці, де відстань між ними на індикаторі радіолокатора не менше 50 км. Якщо грозові (зливові) осередки обійти на заданій висоті неможливо, вирішується політ з перевищенням не менше 500 м над верхньою межею хмар. Підходити до грозових (злизовим) вогнищ на відстані менше встановлених забороняється. Категорично забороняється навмисно заходити в потужні купчасті і купчасто-дощові хмари.

При ненавмисному попаданні в купчасто-дощову хмару екіпажу необхідно:

- 1) вимкнути радіобладнання і прибрати випускні антени;
- 2) включити освітлення кабіни і обігрів приймача повітряного тиску, а також привести до готовності інші засоби проти зледеніння;
- 3) політ проводити вище або нижче за нульової ізотерми в цілях зменшення імовірності удару блискавки в літак;
- 4) уникати польоту поблизу області, де найчастіше спостерігаються блискавки і де посилюється тріск і шум в навушниках;
- 5) зменшити швидкість до меж, безпечних для даного типу літака;
- 6) строго виконувати інші вимоги, передбачені вказівками по техніці пілотування даного типу літака в зоні грозової діяльності.

До найбільш небезпечних для авіації метеорологічних явищ, пов'язаних з купчасто-дощовими хмарами і грозовою діяльністю, відносяться смерчі і шквали.

Смерч — це сильний вихор з приблизно вертикальною, часто зігнутою віссю. Діаметр смерчів, що мають чіткі контури, складає декілька десятків метрів, з розмитими контурами — декілька сотень метрів. Швидкість вітру в смерчі, за розрахунковими даними, близько $100 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, але може перевищувати навіть $330 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Прямі вимірювання швидкості вітру у воронці смерчу дотепер неможливі. Жоден з існуючих приладів для вимірювання швидкості вітру не витримує величезного тиску.

Смерчі утворюються при інтенсивному розвитку купчасто-дощових хмар, що супроводжуються, як правило, грозами. Вони обумовлені особливо сильною нестійкістю атмосфери в спекотні дні року. З однієї грозової хмари одночасно може опускатися декілька смерчів. Смерчі виникають як над сушею, так і над водною поверхнею. Смерчі над сушею в Європі називаються тромбами, в США - торнадо.

Небезпека смерчів для авіації полягає в їх руйнівній силі, яка може бути величезною. Смерч здатний зруйнувати не тільки літаки на стоянках і в ангарах, але й аеродромні будівлі. Особливо небезпечні смерчі для літаків у польоті. Руйнівна дія смерчів обумовлюється переважно величезною швидкістю вітру і сильним перепадом атмосферного тиску. У внутрішній порожнині смерчу тиск знижений. Тому, як тільки вона стосується іншої більш менш замкнутої порожнини, остання вибухає повітрям, що спрямовується з неї до вихору. Вибухають консервні банки, автомобільні шини, закриті кімнати і навіть будинки.

Шквал — різке короткочасне посилення вітру, що супроводжується зміною його напрямку. Швидкість вітру при шквалі часто перевищує $20\text{...}30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Шквали пов'язані з інтенсивним розвитком купчасто-дощових хмар, що часто супроводжуються грозами і зливами. Таким чином, при польоті в зоні грозової діяльності екіпаж повинен уважно стежити за атмосферними явищами. Вертикальні вихори, смерчі, шквалові лінії, що виявляються візуально, потрібно обов'язково обходити стороною.

Шквал небезпечний для літальних апаратів, які перебувають у польоті на малих висотах, тому що його висота може досягати 2-3 км, а також для авіаційної техніки, розташованої на аеродромі.

Шквал, як і град, локальне короткочасне явище погоди пов'язане з активними зливами та грозами і виникає головним чином при проходженні холодних фронтів, холодних вторинних фронтів і фронтів оклюзії. Необхідними умовами при цьому є досить великі запаси вологи в теплій повітряній масі, значні контрасти температур біля землі і на висотах. Шквали бувають внутрішньомасові і фронтальні, останні бувають найбільш небезпечними.

У передній частині хмари іноді утворюється темний вал з розірваних хмар, який називається шкваловим коміром. Він виникає на висоті 500-600 м (може опускатися і до 50 м) на межі висхідного потоку в хмарі і низхідного – поза хмарами. Шквальний вітер має великі швидкості обертання і є вкрай небезпечним явищем, тому що при високих температурах, великій вологості повітря і сильній нестійкості в атмосфері шквалистий вітер може опускатися до земної поверхні, утворюючи сильний вихор з приблизно вертикальною віссю обертання і діаметром у кілька десятків метрів. Цей вихор носить назву смерч. Смерчі мають велику руйнівну силу, а їх проходження пов'язано з катастрофічними руйнуваннями. Довжина шляху смерчу звичайно становить 15-30 км, ширина смуги руйнування – кількасот метрів, час існування – від декількох хвилин до півгодини, швидкість переміщення 40-60 км/год. Рух повітря в смерчі направлено по спіралі вгору і досягає швидкості 100 км/год і більше.

Спостереження за грозою: інформація про грози за даними візуальних спостережень містить відомості про віддаленість грози (на околицях аеродрому чи на аеродромі), її місцезнаходження та, по можливості, переміщення (в румбах).

Явище грозу слід вважати такою, що має місце на аеродромі, з часу перших гуркотів грому, незалежно від того, чи спостерігається блискавка або опади на аеродромі. Відстань до грози оцінюється за проміжком часу між блискавкою та наступним громом. Якщо цей проміжок становить 24 секунди і менше, час визначається за допомогою секундоміру (відстань до грози 8 км і менше), гроза оцінюється як «гроза на аеродромі» (TS), якщо більше 24 секунди (відстань до грози більше 8 км), гроза оцінюється як «гроза на околицях аеродрому» (VCTS). Гроза на околицях аеродрому заноситься у вікно «Явища погоди» як «VCTS», в закладці «Бортова» у вікні «Віддалена гроза» встановлюється відмітка та у вікні зі списком вибирається (в румбах) напрямок грози та переміщення (по можливості). На МД гроза на околицях аеродрому відображається як «VCTS», в зведеннях METAR/SPECI кодується «VCTS», в місцевих зведеннях MET REPORT/SPECIAL кодується в групі додаткової інформації «TS ... (напрямок) MOV ... (переміщення)».

Наприклад: TS N MOV NW.

Ця інформація передається по ПГЗ (або DTMF) диспетчерам АДВ та синоптику відкритим текстом в наступному вигляді: «09.05 гроза на околицях аеродрому на півночі переміщується на північний захід».

У випадку переходу «грози на околицях аеродрому» в «грозу на аеродромі» або навпаки, а також, якщо гроза виходить з поля зору спостерігача, при можливості вказується напрямком, в якому вона переміщується, де закінчилась.

Гроза вважається такою, що закінчилась на аеродромі або на його околицях, якщо протягом 10 хвилин технік-метеоролог не чує грому, або проміжок часу між блискавкою та наступним громом становить 48 секунд та більше, що свідчить про переміщення грози за межі околиць аеродрому.

У випадку, коли проміжок часу між блискавкою та наступним громом, складає 15 секунд та менше, така гроза оцінюється як «гроза на аеродромі в радіусі 5 км та менше», при виникненні такої грози слід повідомити диспетчера служби ЦДА та змінного начальника аеропорту про її початок та закінчення з записом в «Журнал для запису інформації, що передана споживачам».

Наявність шквалу: визначається за даними вітрових датчиків. При шквалі спостерігається раптове різке посилення вітру на 8 м/с і більше за період не більше 2 хвилин, швидкість вітру перевищує 10 м/с. Тривалість шквалу – не менше 1 хвилини, а в окремих випадках – до 30 хвилин. Шквал спостерігають за купчасто-дощової хмарності під час злив і гроз. Зведення SPECI/SPECIAL на шквал складаємо відразу як після початку, так і закінчення явища. В зведеннях погоди кодується «SQ».

Воронкоподібна хмара (смерч): явище, що являє собою часто жорсткі вихори, що характеризуються наявністю хмарного стовпа або воронкоподібної хмари, що спускається від основи купчасто-дощової хмари, але не обов'язково досягає землі. Діаметр коливається від декількох метрів до декількох сотень метрів. Часто супроводжується грозами, зливами, іноді градом. В зведеннях погоди кодується «FC» зі знаком інтенсивності «+» (сильний) вказується для позначення торнадо/смерчу, без знаку інтенсивності (помірний) вказується для позначення воронкоподібної хмари, що не досягає поверхні землі.

Град – опади у вигляді різних за формою і розмірами шматочків льоду. Ядро градин непрозоре або складається з прозорих і непрозорих шарів, що чергуються. Град найчастіше випадає у теплу пору року з купчасто-дощових хмар, і як правило, супроводжується грозою та зливами. Під час граду технік-метеоролог визначає середній розмір найбільших градин з точністю до 1 мм, згідно Настанови гідрометеорологічним станціям та постам вип. 3 ч. 1, п.18.5. У зведеннях явище град кодується: «SHGR» (діаметр найбільш великих градин 5 мм і більше) та «SHGS» (діаметр найбільш великих градин менше 5 мм).

Інформація про зливо-, грозо-, градонебезпечі осередки в радіусі 100 км за даними АМРК «Метеор-Метеоячейка» – наявна інформація про зливо-, грозо-, градонебезпечні осередки в радіусі 100 км відносно аеродрому

Київ/Жуляни та при їх зміні за даними АМРК «Метеор-МетеоЯчейка» автоматично передається в програму та відображається в групі допоміжної інформації (RMK) зведень MET REPORT/SPECIAL у кодових позначеннях, згідно встановленої термінології. Технік-метеоролог після отримання повідомлення «Надійшли НОВІ ОСЕРЕДКИ», відправляє зведення SPECIAL та передає дані про перші осередки в радіусі 100 км відкритим текстом синоптику, диспетчерам АДВ «Вишка» по ПГЗ (або DTMF), та техніку-метеорологу ОМС системи ATIS.

Семінар 13. Авіаційні прогнози погоди.

1. Види авіаційних прогнозів погоди. Інтерпретація й використання прогнозів.
2. Прогнози погоди по аеродрому. Авіаційні прогностичні карти погоди.
3. Прогнози погоди для посадки TREND.
4. Прогнози ВСЗП за маршрутами польотів. Зональні прогнози для польотів на низьких рівнях.
5. Прогноз електризації повітряних суден.

Лекція 14. небезпечні метеорологічні явища, що погіршують видимість та їх вплив на польоти повітряних суден.

Опорний конспект лекції

Вплив опадів та пилових бур на діяльність авіації. Як відомо, опади, що випадають з хмар, дають більше 99 % загальної кількості води, яка поступає з атмосфери на земну поверхню. Вони часто істотно ускладнюють діяльність авіації і навіть можуть бути причиною важких авіаційних подій. Ступінь впливу опадів залежить від їх вигляду, інтенсивності і температури повітря, при якій вони випадають.

Мряка випадає з низьких густих шаруватих хмар, а іноді з шаруватокупчастих хмар. Вона сильно погіршує видимість, особливо в тих випадках, коли поєднується з імлою і туманом. Горизонтальна протяжність зон опадів може складати багато сотень кілометрів, а іноді перевищує 1000 км. Мряка, більше всього ускладнює польоти на малих висотах. Польоти за правилами візуальних польотів (ПВП) часто стають неможливими. Застосування авіації в народному господарстві, особливо виконання авіаційно-хімічних робіт, також обмежується опадами, хоча АХР можна проводити і за складних метеорологічних умов. Ці умови зазвичай передбачають для літаків висоту нижньої межі хмар 150 м, дальність видимості 3 км, а для вертольотів - висоту 150 м, видимість 2 км.

Опади, що мрячать, найчастіше спостерігаються в перехідні сезони року, але на суші вони найчастіші взимку при сильній відлизі. Якщо вони випадають при негативній температурі, можливе зледеніння повітряних суден.

Облогові опади типові для фронтальних шарувато-дошових хмар, а взимку нерідко і для високошаруватих хмар. Ширина зон опадів коливається від декількох десятків до декількох сотень кілометрів, довжина - від декількох сотень до декількох тисяч кілометрів. Досить значна протяжність зон облогових опадів і велика тривалість опадів примушують передбачати їх дію на підготовку і виконання польотів. Польоти при облогових опадах сильно ускладнюються поганою видимістю. При слабкому облоговому снігу дальність видимості зазвичай не перевищує 1...2 км, а при сильному снігу може зменшуватися до декількох десятків метрів. При польоті по ПВП під час снігопаду помітно знижується контрастність всіх предметів на земній поверхні, що істотно ускладнює орієнтування за наземними об'єктами. Облоговий дощ менше погіршує видимість, ніж облоговий сніг. Проте при сильному дощі краплі води можуть частково блокувати отвір приймача повітряного тиску і викликати заниження показань швидкості іноді на $100 \text{ км}\cdot\text{год}^{-1}$.

Пилові бурі можуть значно порушити регулярність руху літаків. У ряді випадків, польоти через пилові бурі неможливі. Вони можуть привести до важких авіаційних подій. Сильні пилові бурі, що охоплюють великі площі, часто спостерігаються над південним сходом України і можуть продовжуватися декілька діб. При цьому явищі швидкість вітру досягає ураганної сили – $30 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більш. На півдні і південному сході України бурі спостерігаються в теплий період року – з березня по вересень. Видимість при цьому часто погіршується настільки, що стають невиразними предмети, розташовані на відстані десятків метрів. Висота пилової хмари нерідко досягає 2 км і більше. У цих випадках Сонця майже не видно, іноді настає повна темнота. Найбільш тривалі періоди нельотної погоди при пилових бурях, коли дальність видимості зменшується до 500 м, бувають в Туркменії. Сильні пилові бурі бувають в центральних штатах США. В період засух і ураганних вітрів вони досягають виняткових розмірів. Іноді пил переноситься майже на 2000 км і досягає бережжя Атлантичного океану. Враховуючи небезпеку пилових бур для авіації, документи, що регламентують льотну діяльність, забороняють проводити посадку літаків в умовах пилової бурі при видимості нижче за мінімум, а також в тих випадках, коли буря викликає сильну бовтанку.

Опади: мряка, дощ, сніг, снігові зерна, льодяний дощ, град та інші – спостерігаються візуально з оглядового майданчика та кодуються позначеннями в кодовій формі METAR (згідно Міжнародних авіаційних метеорологічних кодів ВМО).

Пилова буря – перенесення сильним вітром великої кількості пилу або піску у приземному шарі повітря: частинки піску або ґрунту можуть підніматися і одночасно осідати у вигляді пилу на великій території; при цьому значно погіршується видимість. В зведеннях погоди кодується «DS» зі знаком інтенсивності «+» при видимості <500 м (сильна), без знаку інтенсивності при видимості 500 м -1000 м (помірна).

Пил у повітрі – тверді частинки сухого ґрунту, піску, сухі частинки біологічного походження тощо, підняті з поверхні землі поривом вітру або пиловою бурею, можна спостерігати під час різкого послаблення вітру, часто за високої температури повітря. У зведеннях погоди кодується «DU».

Вплив туманів на політ повітряного судна. 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 адвективнорадіаційні), - тумани випаровування, - тумани від згорання палива (смоги). В залежності від синоптичних умов формування виділяють два типи туманів: внутрішньомасові і фронтальні.

Умови формування різних видів туманів. 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 (його

вологість) грає суттєву роль у виникненні туману. Виникненню туману сприяє також увігнутий рельєф місцевості (долина, улоговина), куди вночі стікає повітря з більш високих місць, застоюється і додатково охолоджується.

Адвективні тумани виникають в теплому 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 ввечері і розсіюється або слабшає вранці. Формування туману за рахунок чисто адвективного фактору над сушею спостерігається рідко, як правило, адвективний фактор доповнюється радіаційним.

Адвективно-радіаційний туман формується над охолодженою сушею 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 водною поверхнею, яка тепліша за шар повітря на 10 °С і при відносній вологості $\geq 70\%$. 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 земної поверхні, то при його зміщенні на теплу водну 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.

Швидкість випаровування з поверхні води залежить від різниці температур води та повітря і швидкості вітру. Зниження температури повітря над водою в нічні години сприяє насиченню і перенасиченню нижнього шару холодного повітря.

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 теплового 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.

Замерзаючий туман: це помутніння повітря, викликане скупченням продуктів конденсації або сублимації, зважених в повітрі безпосередньо над поверхнею землі.

Будь-який вид туману, який складається із водяних крапель, при температурі повітря нижче 0 °С слід повідомляти як замерзаючий туман «FZFG», незалежно від того, утворюються чи ні відкладення крижаного нальоту. У тих випадках, коли видимість складає менше 1000 м, а температура повітря нижче -15 °С, потрібно кодувати як «FG», без зазначення дескриптора FZ.

Семінар 14. Прогнози явищ для авіації.

1. Прогноз положення та інтенсивності струминних течій.
2. Прогноз турбулентності.
3. Прогноз зледеніння літаків.
4. Прогноз туманів.
5. Прогноз небезпечних для авіації явищ, які обумовлені конвекцією.

Питання для самоконтролю:

1. Як на аеродромах спостерігають за значеннями атмосферного тиску?

2. Що таке тиск QNH та QFE?
3. Що приймається за рівень відліку тиску QFE?
4. Значення якого тиску включаються до зведень METAR і SPECI?
5. Що входить до додаткової та допоміжної інформації при проведенні метеорологічних спостережень на аеродромі?
6. Як до зведень погоди включається інформація про фактичний зсув вітру?
7. Що таке прогноз погоди для посадки?
8. Хто передає техніку-метеорологу інформацію про стан ЗПС?
9. Що таке попередження про зсув вітру?
10. Як відрізняється інформація про фактичний та прогнозований зсув вітру?
11. Звідки техніку-метеорологу надходить інформація про зливо-, грозо-, градонебезпечі осередки?
12. Якими бувають спостереження з борту повітряних суден?
13. Які елементи включають регулярні донесення з борту ПС?
14. Які елементи включають спеціальні донесення з борту ПС?
15. Яким польотним вимогам повинна відповідати метеорологічна інформація, яка надається експлуатантам та членам льотного екіпажу?
16. Що повинна містити метеорологічна інформація, що постачається експлуатантам та членам льотного екіпажу?
17. Що таке щоденник погоди АВ-6?
18. Яка інформація вноситься в АВ-6 автоматично?
19. Яку інформацію технік-метеоролог вносить у щоденник погоди АВ-6 вручну?
20. Як в АВ-6 вносяться дані про явища погоди?
21. Чи можливе виникнення помилок в АВ-6 при автоматичному введенні інформації?
22. Які ви знаєте види авіаційних прогнозів погоди?
23. Як відбувається інтерпретація й використання прогнозів на аеродромах?
24. Які авіаційні прогностичні карти погоди використовуються авіаційними синоптиками?
25. Які ви знаєте прогнози погоди по аеродрому?
26. Який період дії прогнозу TREND?
27. Що таке прогнози ВСЗП за маршрутами польотів?
28. Для яких територій створюються зональні прогнози для польотів на низьких рівнях?
29. Для чого потрібен прогноз електризації повітряних суден?
30. Які основні методи використовують на АМСЦ для прогнозу туманів?

СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ І ПОНЯТЬ

Абсолютна висота – відстань за вертикаллю від середнього рівня моря до рівня, точки або об'єкта, прийнятого за точку.

Аеронавігаційне обслуговування – обслуговування, яке здійснюється провайдерами аеронавігаційного обслуговування на всіх етапах польоту повітряних суден, що включає організацію повітряного руху, зв'язок, навігацію, спостереження (радіотехнічне забезпечення), пошук і рятування, метеорологічне обслуговування та надання аеронавігаційної інформації.

Аеродром – поверхня земної або водної ділянки, на якій розміщені будівлі, споруди та обладнання, яка призначена повністю або частково для вильоту, прибуття та руху по цій поверхні повітряних суден.

Аеродромний метеорологічний орган – орган, що здійснює метеорологічне обслуговування аеронавігації на аеродромі.

Аспекти людського фактора – принципи, які враховуються у процесі проектування, сертифікації, підготовки кадрів, експлуатаційної діяльності та технічного обслуговування в авіації й направлені на забезпечення безпечної взаємодії між людиною та іншими компонентами системи шляхом відповідного врахування людських можливостей.

Брифінг-офіс – загальна назва пунктів передпольотного інформаційного обслуговування користувачів повітряного простору, отримання і розповсюдження повідомлень щодо обслуговування повітряного руху, забезпечення аеронавігаційною та метеорологічною інформацією.

Відповідний повноважний орган обслуговування повітряного руху – призначений державою відповідний повноважний орган, який є відповідальним за забезпечення обслуговування повітряного руху в межах даного повітряного простору.

Метеорологічна оптична дальність видимості – довжина шляху світового потоку в атмосфері, необхідна для зменшення цього потоку в паралельному пучку променів від лампи розжарювання з колірною температурою 2700К до 0,05 його початкового значення (MOR – meteorological optical range – англ.).

Видимість вертикальна – максимальна відстань від поверхні землі до рівня, з якого вертикально униз видно об'єкти на земній поверхні.

Висота відносна – відстань по вертикалі від зазначеного вихідного рівня до рівня, точки або об'єкта, прийнятого за точку.

Висота нижньої межі хмар – відстань по вертикалі між поверхнею суші або води та нижньою межею хмари або найнижчим шаром хмар.

Висотна карта – метеорологічна карта для визначеної висотної поверхні або шару атмосфери.

Дальність видимості на злітно-посадковій смузі (далі – RVR) – відстань, у межах якої пілот повітряного судна, що знаходиться на осьовій лінії ЗПС, може бачити маркування покриття ЗПС або вогні, що обмежують ЗПС або позначають її осьову лінію.

Ешелон польоту (далі – FL) – поверхня постійного атмосферного тиску, віднесена до встановленої величини тиску 760 міліметрів ртутного стовпчика (1013,2 гектопаскаль (гПа)) і віддалена від інших таких поверхонь на величину встановлених інтервалів тиску.

Експлуатант – особа, організація або підприємство, що здійснює експлуатацію повітряних суден або пропонує свої послуги в цій сфері.

Злітно-посадкова смуга (далі – ЗПС) – визначена прямокутна ділянка сухопутного аеродрому, підготовлена для посадки та зльоту повітряних суден.

Зона приземлення – ділянка ЗПС за її порогом, призначена для першого торкання ЗПС повітряними суднами, які здійснюють посадку.

Інструктаж – усна консультація про фактичні та/або очікувані метеорологічні умови.

Керівництво польотами – здійснення повноважень стосовно початку, продовження або закінчення польоту, а також зміни маршруту в інтересах безпеки повітряного судна, регулярності та ефективності польоту.

Консультація (метеорологічна) – обговорення з метеорологом фактичних та/або очікуваних метеорологічних умов, пов'язаних із виконанням польоту, яке включає відповіді на питання.

Контрольна точка аеродрому (далі – КТА) – точка, яка визначає географічне місцеположення аеродрому.

Координаційний центр пошуку та рятування – орган, який відповідає за координацію проведення пошуково-рятувальних операцій у межах району пошуку та рятування, а також за сприяння ефективній організації роботи пошуково-рятувальної служби.

Метеорологічна інформація – метеорологічне зведення, аналіз, прогноз і будь-яке інше повідомлення, що стосується фактичних або очікуваних метеорологічних умов.

Метеорологічне зведення (зведення погоди) – повідомлення про результати спостережень за метеорологічними умовами, які характеризують стан погоди у визначеному місці та у фіксований час.

Метеорологічне обслуговування – обслуговування, що включає послуги із забезпечення метеорологічними прогнозами, консультаціями і спостереженнями, а також іншу метеорологічну інформацію та послуги, що надаються суб'єктам авіаційної діяльності.

Метеорологічний орган – орган, що здійснює метеорологічне обслуговування аеронавігації.

Метеорологічне спостереження – оцінка одного або декількох метеорологічних елементів та/або явищ погоди.

Метеорологічний бюлетень – текст, який містить метеорологічну інформацію під відповідним заголовком.

Обслуговування повітряного руху (далі – ОНР) – комплекс заходів, що забезпечують польотно-інформаційне обслуговування, аварійне обслуговування, диспетчерське обслуговування повітряного руху (районне

диспетчерське обслуговування, диспетчерське обслуговування підходу або аеродромне диспетчерське обслуговування).

Орган обслуговування повітряного руху – загальний термін, у відповідних випадках – орган диспетчерського обслуговування повітряного руху, центр польотної інформації або пункт збору повідомлень, що стосуються обслуговування повітряного руху.

Орган метеорологічного стеження (далі – ОМС) – орган, який готує та надає інформацію про фактичне або очікуване виникнення визначених явищ погоди за маршрутом польоту та інших явищ в атмосфері, які можуть вплинути на безпеку польотів ПС у його районі відповідальності.

Орган пошуково-рятувальної служби – термін, що означає за різних обставин координаційний центр пошуку та рятування, допоміжний центр пошуку та рятування або пост аварійного сповіщення.

Переважаюча видимість – найбільше значення видимості, що відповідає визначенню "видимість", яке спостерігається в межах принаймні половини лінії горизонту або в межах принаймні половини поверхні аеродрому. Ці зони можуть включати суміжні або несуміжні сектори. Значення переважаючої видимості визначається за допомогою інструментальних систем.

Перевищення аеродрому – перевищення найвищої точки посадкової площі над рівнем моря.

Передпольотне інформаційне обслуговування – комплекс заходів, спрямованих на забезпечення користувачів повітряного простору аеронавігаційною і метеорологічною інформацією, необхідною для підготовки та виконання польоту.

Повідомлення NOTAM – повідомлення, що розсилається засобами електрозв'язку і містить інформацію про введення у дію, стан або зміну будь-якого аеронавігаційного обладнання, обслуговування і правил або інформацію про небезпеку, своєчасне попередження про які має важливе значення для персоналу, пов'язаного з виконанням польотів.

Польотна документація (метеорологічна) – рукописні або надруковані документи, у тому числі карти або бланки, що містять метеорологічну інформацію для польоту.

Поріг ЗПС – початок ділянки ЗПС аеродрому, що збігається з її торцем і може використовуватися для посадки повітряних суден.

Провайдер – юридична особа, яка надає послуги з аеронавігаційного обслуговування.

Прогноз погоди – опис метеорологічних умов, що очікуються у визначений момент або період часу у визначеній зоні або частині повітряного простору.

Прогностична карта – графічне зображення на карті прогнозу визначеного метеорологічного елемента (елементів) на визначений момент або період часу для визначеної поверхні або частини повітряного простору.

Пункт передачі донесень – визначений географічний орієнтир, відносно якого може бути повідомлено місцеположення повітряного судна.

Район польотної інформації – повітряний простір визначених розмірів, у межах якого забезпечуються польотно-інформаційне обслуговування та аварійне обслуговування (FIR – flight information region – англ.).

Робоча ЗПС – одна або кілька ЗПС, які на цей час розглядаються аеродромною диспетчерською вежею як найбільш придатні для використання ПС тих типів, які, як передбачається, здійснюватимуть посадку або зліт на цьому аеродромі (одну або кілька ЗПС може бути призначено як робочу ЗПС для ПС, які прибувають або вилітають).

Самостійний інструктаж (self-briefing – англ.) – надання користувачам повітряного простору аеронавігаційної та метеорологічної інформації на етапі передпольотного планування за допомогою автоматизованих систем передпольотної інформації.

Спостереження з борту (повітряного судна) – оцінка одного або декількох метеорологічних елементів, зроблена з борту повітряного судна, що перебуває в польоті.

Член льотного екіпажу – член екіпажу, який має свідоцтво і на якого покладено обов'язки з управління повітряним судном протягом службового польотного часу.

Центр польотної інформації – орган, що забезпечує польотно-інформаційне обслуговування та аварійне обслуговування.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ НА ІСПИТ:

1. Авіаційна метеорологія як наука (щовивчає, основні задачі, зв'язок з іншими науками, історія виникнення).
2. Оперативні органи, що здійснюють метеорологічне забезпечення ЦА в аеропортах (на аеродромах), задачі, які вони виконують.
3. Регулярні метеорологічні спостереження та зведення на АМСЦ.
4. Спеціальні метеорологічні спостереження та зведення на АМСЦ.
5. Зміст зведень погоди.
Доведення авіаційної метеорологічної інформації користувачам.
6. Спостереження за приземним вітром. Включення даних в METAR, SPECI.
7. Спостереження за приземним вітром. Включення даних в MET REPORT, SPECIAL.
8. Схема коду METAR.
9. Спостереження за видимістю. Видимість з авіаційною метою, переважаюча видимість. Включення даних у зведення.
10. Спостереження за видимістю. Метеорологічна оптична дальність видимості, мінімальна видимість. Включення даних у зведення.
11. Спостереження за видимістю на ЗПС. Включення даних у зведення.
12. Спостереження за явищами погоди. Включення даних у зведення. (Опади).
13. Спостереження за явищами погоди. Включення даних у зведення. (Явища, що погіршують видимість).
14. Спостереження за явищами погоди. Включення даних у зведення. (Гроза, шквал, смерч, вихори).
15. Метеорологічні спостереження за хмарністю та включення даних у зведення.
16. Метеорологічні спостереження за температурою повітря, температурою точки роси та включення даних у зведення.
17. Метеорологічні спостереження за значеннями атмосферного тиску і включення даних у зведення.
18. Додаткова та допоміжна інформація.
19. Спостереження та донесення з борту повітряних суден.
20. Регулярні спостереження з борту повітряних суден.
21. Спеціальні спостереження з борту повітряних суден.
22. Метеорологічне обслуговування експлуатантів та членів льотного екіпажу.
23. Стандартна атмосфера.
24. Причини виникнення підймальної сили.
25. Що таке кут атаки? Його вплив на політ ПС.
26. Повітряна швидкість літака. Як її можна обчислити?
27. Сили, що впливають на літак під час польоту.
28. небезпечні та стихійні метеорологічні явища для авіації.

29. Залежність сили тяги турбогвинтового двигуна від фізичного стану атмосфери.
30. Атмосферна турбулентність і польоти ПС.
31. Вплив бовтанки на політ літака. Оцінка інтенсивності бовтанки.
32. Турбулентність ясного неба. Турбулентність у хмарах.
33. Бовтанка літаків на атмосферних фронтах. Орографічна бовтанка.
34. Турбулентність у зоні тропопаузи. Прогноз турбулентності в нижньому шарі атмосфери.
35. Прогноз бовтанки літаків.
36. Зледеніння літаків та його вплив на польоти ПС.
37. Метеорологічні і синоптичні умови виникнення обледеніння.
38. Прогнозування обледеніння ПС.
39. Зсув вітру та його вплив на польоти ПС.
40. Метеорологічні і синоптичні умови виникнення зсуву вітру.
41. Вплив туманів на політ повітряного судна.
42. Електризація та її вплив на експлуатацію повітряного судна.
43. Умови польотів в зоні грозової діяльності.
44. Вплив опадів на діяльність авіації.
45. Вплив пилових і піщаних бур на діяльність авіації.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основні:

1. Авіаційна метеорологія. Терміни та визначення основних понять. – Київ. Держстандарт України, 2002. – 16 с.
2. Авіаційні правила України «Метеорологічне обслуговування цивільної авіації», затверджені наказом Державної авіаційної служби України від 09.03.2017.
3. Воронов Г.С., Проценко Г.Д. Основи метеорології Ч.І. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2002 – 182 с.
4. Інструкція з метеорологічного обслуговування польотів ПС на аеродромі Київ/Жуляни. Затверджено 2021 р.
5. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні і стихійні явища погоди. – К., 2003. – 31 с.
6. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 1. Метеорологічні спостереження на станціях. К.: Ніка-Центр, 2011, 280 с.
7. Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г. Метеорологічні прилади та вимірювання. – К.: Видавництво «Інтерконтиненталь Україна», 2012. – 123 с.
8. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.). За редакцією В.М. Ліпінського. В.І. Осадчого. В.М. Бабіченко. – К.: Ніка-Центр. 2006 – 312с.
9. Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 592 с.
10. Eurocontrol, 2019, <https://www.eurocontrol.int/news/new-traffic-record-set-37228-flights-one-day>.
11. Miller J. METAR & TAF. Quick reference manual. Published by Find-it Fast Books 406. Henry Drive Montoursville, PA 17754.
12. Standard Operational Procedure for Aviation Meteorology. India Meteorological Department Ministry of Earth Sciences. Govt. of India. 2021, 217 p.
13. The influence of military actions on atmospheric air quality in Ukraine. Y. Yatsenko. Вісник Київського університету. Серія географія. 2022. Вип. 1/2(82/83). – с. 84–88.

Додаткові:

14. Антонов В.С. Короткий курс загальної метеорології. – Чернівці: Рута, 2004. – 363 с.
15. Проценко Г. Д. Метеорологія та кліматологія: Електроний підручник. – К.: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2007.
16. Школьний Є.П. Фізика атмосфери: підручник. – К.: КНТ, 2007. – 508 с

17. Aguado E., Burt J.E. Understanding Weather and Climate. – Pearson, 7th edition, 2014. – 608 p.
18. Athens C.D. Meteorology today: An introduction to Weather, Climate, and the Environment. – Cengage Learning; 9th edition, 2008. – 624 p.
19. Sandu I, Niekerk A.V., Shepherd T.G., Vosper S.B., and Svensson G., “Impacts of orography on large-scale atmospheric circulation,” *Climate Atmospheric Science*, vol. 2, no. 10, pp. 1–8, 2019.
20. Shonk J. Introducing Meteorology: A Guide to Weather (Introducing Earth and Environmental Sciences. – Dunedin Academic Press, 2013. – 156 p.
21. Politovich M. K., “Aircraft icing caused by large supercooled droplets,” *Journal of Applied Meteorology*, vol. 28, no. 9, pp. 856–868, 1989.