

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ**

Циклова комісія Аеронавігації
Кременчуцький льотний коледж

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

Автоматизовані системи управління повітряним рухом
вибірковий компонент освітньої програми першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
Аеронавігація

за темою № 3 – Базові функції автоматизації в системах УПР

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Педагогічною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.07.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії Аеронавігації
протокол від 28.08.2023 № 1

Розробники:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст 2-й категорії Ємець В.В.

Рецензенти:

1. Викладач циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор Тягній В.Г.
2. Професор кафедри аеронавігаційних систем навчально-наукового інституту Аеронавігації, електроніки та телекомунікації Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, доцент Шмельова Т.Ф

План лекції

1. Базові функцією автоматизації систем УПР
2. Організація людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ)
3. Додаткові функції в сучасних АС УПР
4. Виявлення середньострокових конфліктних ситуацій
5. Автоматизована координація і передавання управління польотом

Рекомендована література:

Основна

1. Положення про об'єднану цивільно-військову систему організації повітряного руху України, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 19.07.99 № 1281
2. Залевський А.В., Жибров А.В. Технічні засоби забезпечення безпеки руху. Кіровоград, КЛА НАУ, 2012.
3. Дос 9626. Керівництво по регулюванню міжнародного повітряного транспорту, ІКАО, 2004.
4. Дос 9965. Керівництво по польотам і потокам руху: інформація для сумісного використання повітряного простору (FF-ICE), ІКАО, 2012

Додаткова

1. Правила польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 16.04.2003 № 293
2. Повідомлення щодо обслуговування повітряного руху - Авіаційні правила України, частина 85, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 25.03.2002 № 199
3. Дос. 4444 - АТМ/501. " Організація повітряного руху ", ІКАО, 2007 р.
4. Тучков Н.Т. Автоматизовані системи і радіоелектронні засоби управління повітряним рухом. Посібник для вузів. - М.:Транспорт, 1994

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Базові функції автоматизації систем УПР

Загальною ціллю впровадження комплексів засобів автоматизації (КЗА) УПР є забезпечення допомоги персоналу УПР в його задачі управління і ОрПР з ціллю:

- забезпечення ефективного, безпечного і якісного обслуговування користувачів повітряного простору в зоні відповідальності району УПР і району аеровузла і району аеровузла укрупненого центру ЄС ОрПР;
- підвищення пропускнуою спроможністю основних аеродромів району аеровузла і елементів повітряного простору;
- реалізації сучасних процедур УПР;
- автоматизованого інформаційного взаємодії з органами ОрПР (управління польотами) користувачів повітряного простору і органами ППО зони ЄС ОрПР.

КЗА УПР повинен забезпечувати вирішування наступних задач:

- автоматичний збір, обробку, об'єднання і відображення інформації первинних і вторинних радіолокаторів (аеродромних і трасових), автоматичних радіопеленгаторів і засобів автоматичних залежних спостережень (АЗС) для відображення диспетчерам УПР поточної повітряної інформації;
- автоматичний збір, розподіл і надання даних планів польотів, включаючи обмін даними зі суміжними Центрами ЄС ОрПР і органами планування ВПП;
- збір, розподілення і відображення аеронавігаційної і метеорологічної інформації;
- документування даних і архівацію з можливістю відтворення;
- забезпечення навчання і тренування диспетчерського складу.

Основні функції обробки інформації для забезпечення УПР:

- реалізація базових функціональних задач КЗА УПР по секторам РДЦ, АДЦ і МДП, які включають в себе:
 - обробку інформації і можливість рішення функціональних задач поточного планування і УПР;
 - прийом і обробку формалізованих повідомлень за стандартами ІКАО і спеціальних формалізованих повідомлень по УПР;
 - автоматичне супроводження ПС по даним інформації спостереження;
 - безперервний контроль за рухом ПС в межах зон видимості джерел радіолокаційної інформації і інформації АЗС;
 - обробку планів польоту – пасивних і активних;
 - прийом, обробку і відображення інформації, яка поступає від джерел інформації спостереження, автоматичних радіопеленгаторів (АРП), засобів АЗС.
- взаємодія з КЗА планування ВПП зі складу АС ОрПР по плановою і аеронавігаційної інформації, інформації по обмеженням ВПП, а також інформації про фактичне виконання планів польотів;

- взаємодія з комплексом засобів автоматизації метеозабезпечення АС ОрПР (КЗА МЕТЕО);
- взаємодія з засобами єдиного часу АС ОрПР;
- взаємодія зі суміжними АС УПР (по протоколу OLDI), суміжними РЦ ЄС ОрПР, ГЦ ЄС ОрПР, відомственими АСУ і КЗА, центральної службою авіаційної наземної мережі передавання даних і телеграфного зв'язку.

Обробка інформації спостереження про поточну і прогнозовану повітряну обстановку і включає в себе:

- прийом, обробку і видання на відображення інформації спостереження про поточну повітряну обстановку від первинних і вторинних РЛС і АЗС;
- автоматичний перерахунок барометричної висоти польоту ПС, що отримана з борту ПС, відносно рівня ЗПС (QFE – аеродромного тиску) або середнього рівня моря (по QNH – приведеному тиску);
- автоматичне скидання автоматичного супроводження і зняття ПС з управління при виході ПС з зони управління;
- автоматичне повідомлення диспетчерів про пропуски і неотриманні координатної і/або додаткової інформації від радіолокаційного контролю і/або АЗС;
- видання для відображення на індикаторах повітряної обстановки персоналу УПР по усім ПС, що знаходяться в зоні відповідальності КЗА УПР і буферної зоні:
 - поточних і попередніх (по циклам обзору) координат місцеположення ПС;
 - додаткової інформації від ПС, обладнаних відповідачами;
- автоматичне виявлення на основі інформації спостереження від диспетчерів і видання на відображення попереджень:
 - про прогноз порушення норм ешелонування;
 - порушення граничних значень ешелонування;
 - про прогноз і факту зниження ПС нижче мінімальної безпечної висоти;
 - наявність особливих випадків польотів при надходженні аварійних кодів;
- обробка радіопеленгаційної інформації:
 - прийом, формування і видання на відображення на індикаторах робочих місць диспетчерів УПР до трьох ліній пеленгу суміжних АРП при забезпеченні їх роботи на одному частотному каналі;
 - можливість пеленгування ПС на трьох частотних каналах;
 - видання на індикатори робочих місць диспетчерів УПР ліній пеленгу від АРП не пізніше, чим через 1 с після виходу ПС на зв'язок, і припинення відображення пеленгу не пізніше, ніж через 1 с після закінчення сеансу зв'язку.
- обробка планової інформації, яка включає в себе:
 - прийом від КЗА ПВПП добових планів повітряного руху, друк добових планів ВПП по різним критеріям;

- автоматичну, за повідомленнями OLDI і ручну активізацію планів польоту;
- автоматичну корекцію планової інформації по даним супроводження від системи спостереження;
- корегування планової інформації по прийнятим або/і повідомленням по УПР, що введені вручну;
- автоматичний розрахунок просторово-часових траєкторій польоту ПС на основі даних планів польоту;
- автоматичний розрахунок і видання його відображення за запитом маршруту по плану з відображенням поворотного пункту маршруту (ППМ), єдиної точки відліку (ЄТВ) і ешелону польоту, а в початкової і кінцевої точках «маршруту по плану» - позивного ПС;
- відображення маркерами мінутних інтервалів часу польотів на маршруті польоту по плану;
- автоматичний контроль проходження ППМ і рубежів передавання управління;
- ручне передавання на автоматичне супроводження треків, що обрані диспетчером по результатам розрахунку просторово-часових траєкторій польоту ПС при зникненні радіолокаційної/координатної інформації або поза зоною видимості радіолокаційних джерел («трек за планом»);
- автоматичне і ручне розподілення планової інформації по робочим місцям диспетчерів КЗА УПР у відповідності з розрахунком траєкторії польоту ПС;
- прив'язку планової інформації до інформації спостереження по номеру коду вторинної радіолокації і 24-бітному коду ПС ICAO;
- рішення задач по корегуванню системного плану польоту, в тому числі призначення нового позивного;
- рішення задач за призначенням кодів відповідачів вторинною радіолокації (ВРЛ):
 - автоматичний контроль за використанням кодів відповідачів ВРЛ в режимі RBS, за наявністю подвійних кодів ВРЛ в режимі RBS і видання диспетчеру відповідної сигналізації;
 - зберігання одного або декілька виділених кодів ВРЛ;
 - автоматичний захист кодів ВРЛ від повторного використання;
 - здійснення аналізу наявності конфліктних кодів, супертранзитних, заборонених для використання;
 - автоматичне надання вільного коду з банку даних при активізації плану по точкам входу, по яким необхідно використовувати зміну коду;
 - автоматичний контроль і видання нагадування про зміну коду ВРЛ;
 - рішення задач по координації і передаванню/прийому управління між диспетчерами суміжних центрів ОПР:

- ~ автоматизований процес прийому/передавання управління між диспетчерами суміжних секторів системи АДЦ, РДЦ, виносних секторів і АКДП;
- ~ ручний прийом/передавання ПС під управління;
- ~ ручне зняття ПС з управління;
- ~ автоматичний контроль і видання нагадування:
 - ✓ про передавання управління;
 - ✓ про прийом управління;
 - ✓ про рубіж передавання АСТ в суміжний центр, який не має інструментальної взаємодії з комплексом по стандарту OLDI.
- автоматичний контроль:
 - ~ допуску ПС к польотам за скороченими нормами вертикального ешелонування (RVSM);
 - ~ допуску к польотам по зональній навігації (при впровадженні маршрутів зональної навігації);
 - ~ допуску до польотів з сіткою частот 8,33 кГц

Додаткові функції автоматизації УПР включають в себе:

- додатковий аналіз інформації про поточну і прогнозовану повітряну обстановку на основі інформації спостереження і планів польоту, в тому числі:
 - автоматичний контроль значень відхилень від наказаних траєкторій польотів;
 - фіксація відхилень від наказаних траєкторій польотів з реєстрацією номеру рейсу;
 - контроль за витримуванням траєкторії і виробка попереджень і нагадувань (функція MONA):
 - а) попередження:
 - про невідповідальність місцеположення ПС поточному плану польоту (в повздовжньому, вертикальному або бічному відношенні);
 - про невідповідальність маневру, що виконується, заданому;
 - про невиконання умов прийому/передавання управління;
 - про не витримування режиму набору/зниження;
 - б) нагадування про зміну частоти сектору управління, про необхідність ручної координації, про запланований маневр, про досягнення наказаних рубежів;
- «еластичний» вектор;
- випрямлений маршрут (DIRECT), паралельне зміщення (OFFSET).

2. Організація людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ)

Реалізація ЛМІ АС УПР здійснюється на основі рекомендацій і стандартів Євроконтролю, які спрямовані на забезпечення безпечного впорядкованого повітряного руху високої інтенсивності в країнах Євросоюзу при збереженні безпеки польотів і одночасним зниженні робочого навантаження диспетчерів з урахуванням технології управління повітряним рухом.

Це дозволяє:

- зменшити навантаження на оперативну пам'ять диспетчера і максимально ефективно використовувати візуальну індикацію;
- самостійно обирати інтерактивні функції, що надаються системою;
- інформувати диспетчера про результати виконання пультових операцій з захистом від неправильних дій (у вигляді діагностичних повідомлень);
- самостійно налагоджувати параметри відображення на кожному робочому місці у відповідності з персональними потребами диспетчера, що полегшує йому сприйняття інформації і управління введенням.

В існуючих реалізаціях ЛМІ засновується на базі багато віконного графічного інтерфейсу, який дозволяє представляти рух ПС на екрані растрового індикатора у вигляді координатних символів ПС, формулярів супроводження, табличних списків, контекстних меню і діалогових вікон з можливістю безпосереднього звернення до них для виклику функцій і отримання довідок.

Доступ до функцій і пунктів контекстного меню здійснюється за допомогою клавіатури (буквено-цифрове введення) і миші (для звернення к об'єктам на екрані і виконання пультових операцій).

3. Додаткові функції в сучасних АС УПР

Прогнозування 4D-траєкторії - це розрахування 4D-траєкторії на основі:

- тактичного (поточного) плану польоту;
- інформації про погоду;
- ЛТХ ПС;
- радіолокаційних даних про рух ПС;
- дозволів диспетчерів.

Автоматичний розрахунок просторово-часових траєкторій польоту ПС виконується на основі даних плану польоту, який корегується по реальним даним систем спостереження в залежності від типу польоту, структури повітряного простору і організації польотів, з урахуванням характеристик ПС, вітру і температури повітря в просторі, що обслуговується за допомогою АС УПР. Існують планова і тактична траєкторії.

Планова траєкторія – це середньострокове (від декількох часів перед початком польоту до однієї або двох хвилин від поточного часу) подання траєкторії польоту ПС у відповідності з наміром польоту згідно з планом і з урахуванням обмежень, накладеними процедурами УПР.

Планова траєкторія – це основа, на якій польотні дані розподіляються по секторам, що перетинаються в польоті, виконується координація між секторами і між секторами УПР, виконується планування сектору і середньострочне виявлення конфліктів, а також перевіряється відхилення від спланованого наміру польоту.

Тактична траєкторія забезпечує короткострокове подання траєкторії згідно з останніми дозволами диспетчеру, що видані на борт ПС. При цьому не робляться припущення про наступні диспетчерські дозволи. Тактична траєкторія дозволяє виявляти конфлікти, що могли би статися при відсутності подальших тактичних команд, так як би ПС продовжував політ з поточними диспетчерськими дозволами. Це доцільно для відносно короткого горизонту передбачення (~5÷10 минут).

Взаємодія функції прогнозування траєкторії TP з іншими функціями показано на рис.1:

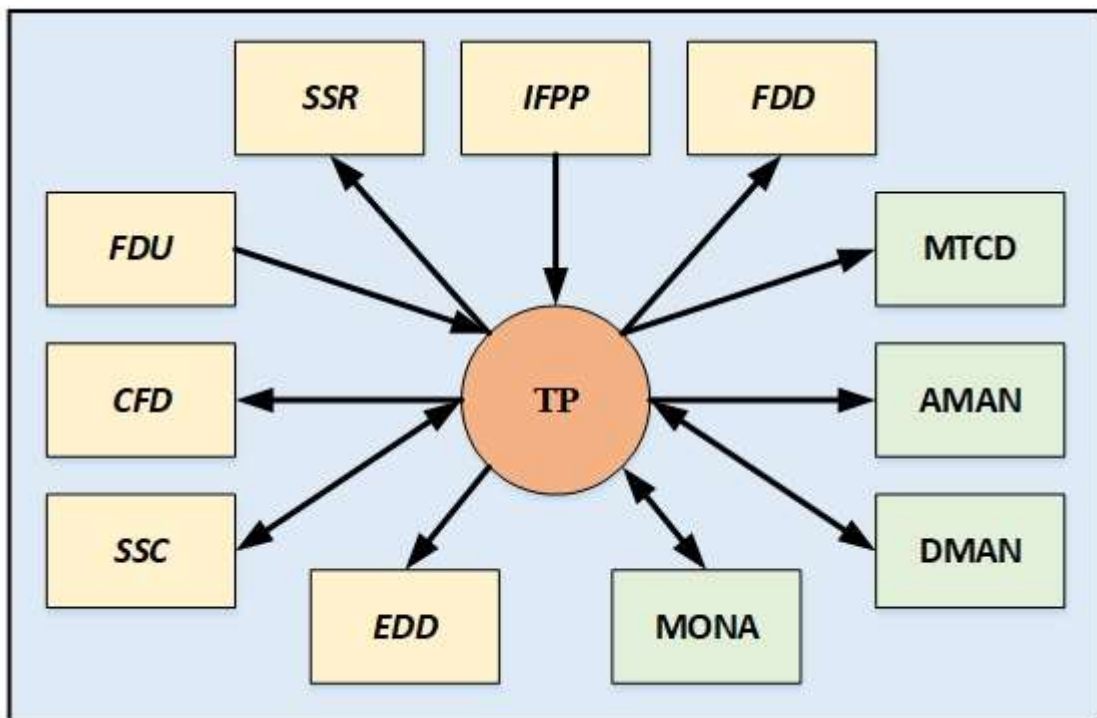


Рисунок 1. Взаємодія функції TP з іншими функціями

Взаємодія здійснюється таким чином:

- **FDD** – розподілення польотних даних: данні польоту розподіляються по робочим місцям секторів, що контролюються і через які проходить траєкторія;
- **IFPP** – початкова обробка плану польоту: на етапі планування польоту траєкторії створюється і корегується на основі повідомлень, отриманих від КЗА ПВПП і ручного введення операторами даних про політ;
- **SSR** – призначення коду SSR: код режиму «А» призначається на основі планового маршруту і плану розподілення кодів;
- **FDU** – поновлення даних польоту: при активізації плану польоту траєкторія корегується згідно з тактичними обмеженнями, які введені диспетчерами;

- **CFD** – кореляція: польотні дані корелюються з відповідним системним треком на основі коду SSR режиму «А» і планового маршруту;
- **SSC** – координація, яка виконується автоматично між секторами і зовнішніми органами ОПП на основі умов перетинання границі сектору, що містяться в траєкторії; траєкторія також корегується згідно умовам перетинання границі сектору, які отримані від зовнішніх органів ОПП;
- **EDD** (*Environment Data Distribution*) – розподілення даних про умови польоту: інформація відносно аеронавігаційних елементів, які вказані в повідомленнях плану польоту.

Ці данні використовуються для розкриття планового маршруту, експлуатаційні ЛТХ ПС адаптуються згідно метеопрогнозу, на траєкторію накладаються обмеження згідно стандартним процедурам УПР і Угодам; визначаються перетинання траєкторії з визначеними елементами повітряного простору;

- **MONA** – засоби контролю: попередження про відхилення і автоматичні нагадування;
- **MTCD** – середньострокове виявлення конфлікту: для підтримки планування і тактичної підтримки ідентифікуються конфлікти між ПС, де розраховане ешелонування між двома ПС, отримане з їх позицій на траєкторії в деякий майбутній момент часу;
- **AMAN** – організація і управління прибуттями ПС: оптимізована послідовність ПС, що прибувають; також може призначати ЗПС прибуття;
- **DMAN** – організація і управління вильотами ПС: оптимізація послідовність ПС, що вилітають, може призначатися ЗПС вильоту.

MONA (*Monitoring Aids*) – автоматичний контроль витримування заданої траєкторії і нагадування: інструментальні засоби, додаткові до траєкторії, що прогнозується, що допомагають диспетчеру в контролі усіх ПС під управлінням для виявлення відхилення від заданих параметрів руху.

MONA містить:

- нагадування: MONA видає нагадування диспетчеру при дії, які необхідно виконати;
- контроль відповідності: MONA порівнює поточні данні польоту з системною траєкторією з системною траєкторією, і якщо воно виявлено, то:
 - або, автоматично запускає перерахунок траєкторії;
 - або видає попередження диспетчеру (**NCW** – *Non Conformation Warning*).

NCW повинні мати більш низький пріоритет, ніж попередження програмних засобів контролю безпеки польотів (SNET), тобто NCW не повинні відображатися, якщо відображено попередження SNET. Попередження про невідповідність повинні відображатися для усіх ПС, включаючи ПС держаної і експериментальної авіації.

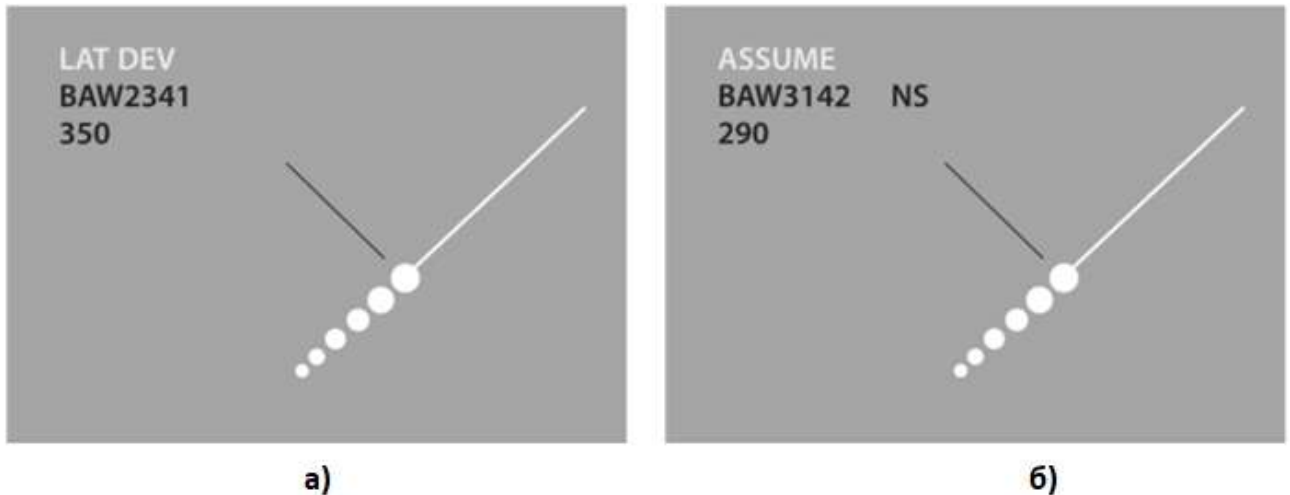


Рисунок 2. Приклад відображення: а) попередження; б) нагадування

MONA забезпечується даними про поточному місцеположенні ПС і параметрами його руху (курс, швидкість, висота, вертикальна швидкість і тенденція їх зміни). Для високоякісного функціонування MONA необхідно, щоб радіолокаційне покриття в зоні УПР відповідало вимогам і стандартам Євроконтролю.

Як правило, MONA видає наступні попередження:

- бічне відхилення ПС від системної траєкторії;
- відхилення від заданого ешелону в горизонтальному польоті;
- невідповідність швидкісному режиму;
- ПС не в змозі вийти на заданий ешелон із-за невідповідальності вертикальної швидкості;
- не розпочато запланований маневр;
- не виконаний або невірно виконаний маневр.

Нагадування MONA:

- про необхідність початку передавання/прийому управління ПС;
- про необхідність передавання АСТ в суміжний центр;
- контроль правильності встановлення коду ВРЛ;
- про невиконання умов прийому/передавання управління;
- про необхідність ручної координації польоту;
- про запланований маневр;
- про рубіж початку зниження;
- ти, що сертифіковані диспетчером.

4. Виявлення середньострокових конфліктних ситуацій

MTCD є засобом планування безконфліктних траєкторій для диспетчера радіолокаційного управління (ДРУ) і диспетчера процедурного контролю (ДПК) з типовим часом виявлення в межах від 0 до 20 минут.

Призначення MTCD складається в том, щоб попередити диспетчера про конфліктні ситуації, що відбуваються в середньостроковому періоді.

Попередження про конфлікт в межах від 0 до 2 минут забезпечується функцією STCA. MTCD включає в себе три функції:

- a) виявлення і повідомлення диспетчера про ймовірну втрату потрібного ешелонування між двома ПС. При цьому необхідно враховувати, що конфлікт є ймовірне явище, випадковою подією; невизначеність виникнення конфлікту збільшується зі збільшенням часу прогнозу;
- b) виявлення і повідомлення диспетчера про ПС, що проникає через ізольоване або як-либo інакше обмежений повітряний простір;
- c) виявлення і відображення диспетчеру зближення двох ПС, і забезпечує повідомлення диспетчеру про зони повітряного простору, заблокованих ПС для руху інших ПС.

Засоби відображення MTCD:

- вікно потенційних проблем – PPD (Potential Problem Display);
- вікно допомоги диспетчеру в вертикальній площині – VAW (Vertical Assistance Window);
- горизонтальна проекція траєкторії, що відображається в вікні повітряної обстановки.

5. Автоматизована координація і передавання управління польотом

По мірі здійснення польоту органи ОПР передають з пункту в пункт необхідну інформацію про план польоту і диспетчерську інформацію, щоб приймаючий центр ОПР отримав дані, проаналізував їх і виконав необхідну координацію дій.

Для мінімізації використання мовленого зв'язку при координації дій, центри ОПР встановлюють і використовують стандартні правила координації і передавання управління польотом, що закріплені в Угоді (Letter of Agreement - LoA), або місцевими інструкціями (в межах РПІ). Відповідальність за управління ПС звичайно передається при перетинанні загальної границі диспетчерського району, але може здійснюватися в будь-якої точці поблизу границі, або в інший момент часу до перетинання границі, згідно з узгодженням між центрами ОПР.

Є різниця між термінами «передавання зв'язку» і «передавання управління». В останньому випадку, хоч зв'язок між ПС і диспетчером, що приймає, встановлено, але відповідальність не приймається до тих пор, поки не буде перетнута границя диспетчерського району або інша точка передавання управління, що обумовлено угодою між органами ОПР. В залежності від обставин такі угоди і інструкції містять такі елементи:

- визначення районів відповідальності і загальних інтересів, структури і класифікації повітряного простору;
- правила обміну планами польотів і диспетчерськими даними, включаючи використання повідомлень по координації, що передаються з допомогою автоматизованих і/або мовлених засобів зв'язку;

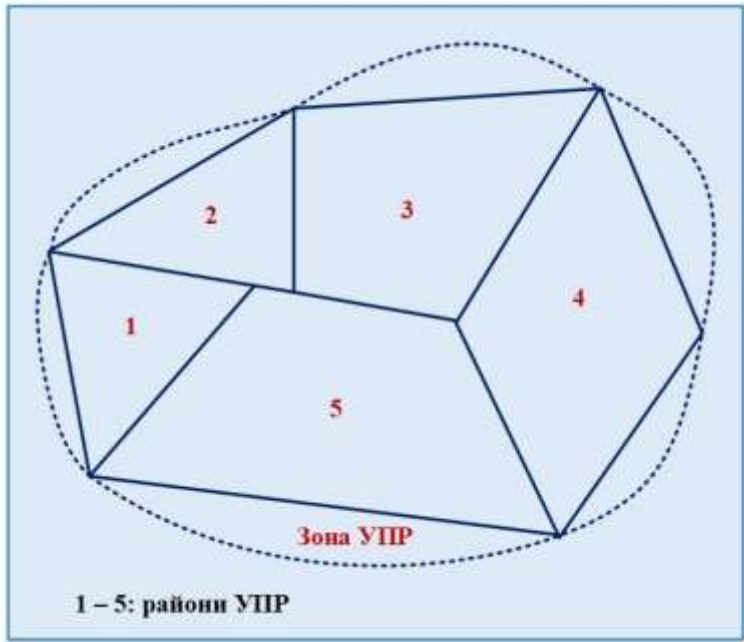
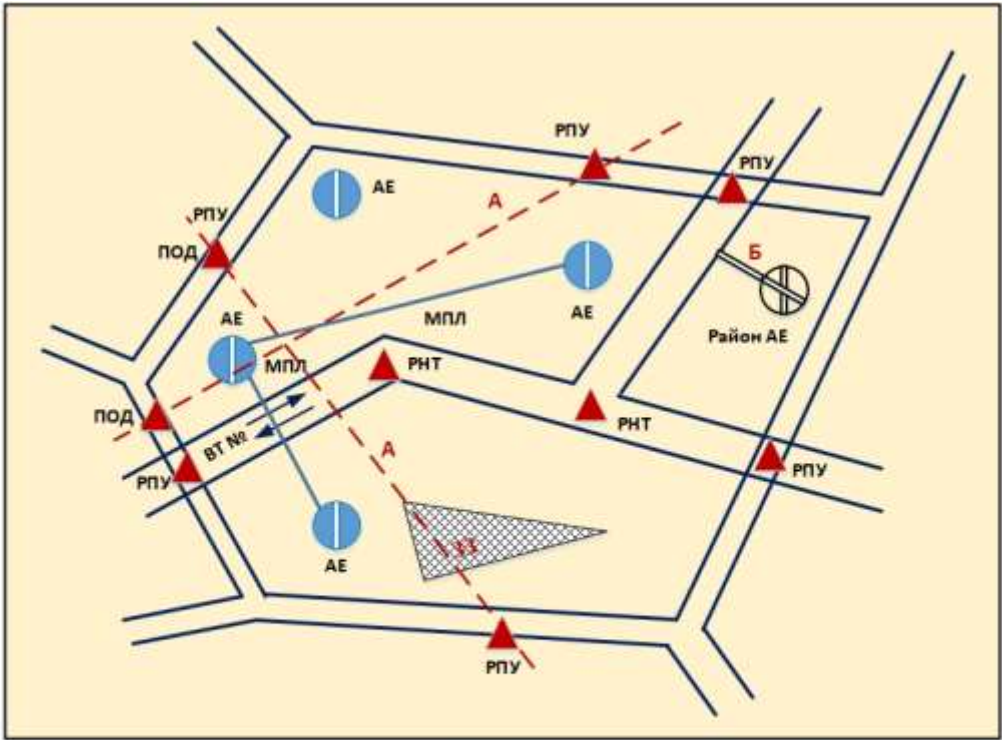


Рисунок 3. Схема зони УПР



А – маршрут польоту; Б – коридор виходу на ПТ; АЕ – аеродром; ПОД – пункт обов'язкового донесення екіпажу ПС органу УПР району УПС; РПУ – рубіж передачі управління УПР сусіднього району системи УПС; ПТ № - повітряна траса №; РНТ - радіонавігаційна точка; МПЛ – місцева повітряна лінія; 33 – заборонена зона

Рисунок 4. Схема диспетчерського району

- засобів зв'язку;
- основні точки, ешелони або час передавання управління;
- основні точки, ешелони або час передавання зв'язку;

- умови передавання і прийому управління, такі, як встановлені абсолютні висоти/ешелони польоту, конкретні значення мінімумів або інтервалів ешелонування при передаванні управління, використання автоматичних засобів;

- правила, що використовуються у випадку непередбачених обставин.

Процес координації і передаванні управління формально складається з наступних етапів:

- повідомлення про рейс ПС з ціллю підготовки до координації у випадку необхідності;
- координація умов передавання управління органом ОПр, що передає управління;
- координація (в случає необхідності) і прийняття умов передавання управління органом ОПр, що приймає;
- передавання управління приймаючому органу ОПр;
- приймання управління.

Звичайний процес координації при використанні радіотелефонного зв'язку – повідомлення, перемови і досягнення узгодження. Загальні положення по координації і передаванні управління містяться в документі ІКАО «Організація повітряного руху – Правила аеронавігаційного обслуговування» (PANS-ATM) Doc ІКАО 4444 (пп. 8.7.4, 10.1.2, 11.3.7).

Цей документ наказує стандартну фразеологію і типи координації для використання в різних ситуаціях. В процесі усної координації охоплюються декілька елементів координації. В межах РПП одного центру ОрПр передавання управління ПС між сусідніми секторами, що контролюються, може здійснюватися без попередньої координації, коли забезпечується виконання таких умов:

- стандартність умов передавання, тобто відповідальність місцевим інструкціям;
- відображення на ІПО (індикатор повітряної обстановки) місцеположення ПС по даним ВРЛ (і/або АЗС-В) з формулярами супроводження;
- до передавання управління забезпечується упізнання ПС на ІПО приймаючим диспетчером;
- диспетчери забезпечуються засобами постійного двостороннього зв'язку, що дозволяє їм негайно встановлювати зв'язок між собою.