

**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 № 4 – Концепції, технології і стандарти

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. Концепції і рівні SYSCO
2. Стандарт OLDI Євроконтролю
3. Начальна координація і базовий OLDI
4. Стандарт ICAO AIDC
5. Організація потоків прильоту AMAN
6. Засіб управління потоком ПС, що вилітають DMAN
7. Інтеграція засобів AMAN/ DMAN

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 - ATM/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. Концепції і рівні SYSCO

В 1997 р., Євроконтролем було розроблено концепцію автоматизованого обміну повідомленнями *System Supported Coordination – SYSCO* (Координація з підтримкою системи).

Головним принципом SYSCO є встановлення так званої «області загального інтересу» (*Area of Common Interest - ACI*), в якій обом Центрам ОрПР доступна інформація про весь повітряний рух з обох сторін загальної границі їх РПП, аналогічно тому, як це відбувається в самому РПП відносно границь секторів, що контролюється, тобто з обох сторін вони мають інформацію про місцезположення ПС і елементи планової інформації, що вказує на статус контролю і управління ПС.

Одночасно розраховуються, простежуються і контролюються траєкторії ПС на подальший час (до 20 хвилин) польоту функціями *TP* і *MONA*, а функцією *MTCD* можуть виявлятися конфлікти ПС в секторі іншого Центру ОрПР до того, як ці ПС увійдуть в цієї сектор. Тим самим можливо забезпечити координацію таких умов виходу з сектору, що контролюється і передавання управління в наступний сектор, щоб уникнути цих конфліктів в подальшому. Дані задачі реалізуються в сучасних АС УПР і звичайно виконуються диспетчером процедурного контролю (ДПК, *Planning Controller-PC*) сумісно з диспетчером тактичного управління (ДТУ, *Tactical Controller-TC*). Таким чином, SYSCO визначає експлуатаційну концепцію, яка заснована на удосконалених автоматизованих засобах ОПР, коли забезпечуються:

- обробка інформації спостереження;
- обробка польотної (планової) інформації;
- відображення повітряної обстановки з високим розділенням і кольоровим кодуванням статусу управління польоту;
- обробка даних про наявність або відсутність стандартних умов передавання управління;
- удосконалене збереження даних;
- точне передбачення траєкторії приблизно на 20 хвилин уперед;
- високошвидкісний обмін даними між Центрами ОПР для автоматизованого обміну стандартними повідомленнями в формі діалогу.

Більш точні повідомлення на основі актуальної інформації про траєкторію польоту дозволяють:

- знизити робоче навантаження диспетчерів по координації і передавання управління;
- використовувати скорочені мінімуми ешелонування (*RVSM*) при збереженні безпеки польотів.

Концепція SYSCO передбачає поступове переходження від функціональних можливостей початкового рівня до повномасштабної реалізації цих можливостей. Кожний рівень впровадження SYSCO визначається мінімальними можливостями системи партнера по координації.

Таблиця 1. Етапи впровадження SYSCO - автоматизованої координації передавання управління ПС

Ціль – скорочення робочого навантаження і підвищення ефективності використання повітряного простору	Етапи впровадження SYSCO			
	Pre-sysco – базовий рівень	Рівень SYSCO 1	Рівень SYSCO 2	Рівень SYSCO 3
Включення ПС в контур автоматизованої координації з використанням ЦЛПД «повітря-земля» Забезпечення диспетчерів додатковою інформацією і підтримкою в прийнятті рішень на різних фазах координації і передавання (CORA)				x
Практично повна автоматизація наземної координації і передавання ПС: - удосконалене спостереження і обробка планів польотів; - введення «області сумісних інтересів»; - удосконалене передбачення траєкторій польоту (TP); - удосконалене виявлення конфліктів (MONA)			x	x
Проміжна ступінь автоматизованої координації і передавання ПС: - подальше скорочення усної координації; функції передавання управління; - базове передбачення траєкторії; - визначення відповідальності/невідповідальності умовам угоди (фільтрація); - базове спостереження		x	x	x
Базова автоматизація координації в формі автоматичного передавання даних плану польоту і умов передавання ПС з отриманням підтвердження (повідомлення ABI, ACT, PAC, REV, MAC, LAM)	x	x	x	x

Рівень Pre-Sysco:

- забезпечує базову автоматизацію процесу координації;
- передачі даних підтверджуються при отриманні їх у відповідному органі ОНР;

- автоматичне генерування і передавання даних на основі зумовлених узгоджених параметрів.

Недоліки: відсутність засобів діалогу (одностороннє передавання даних); обмежені засоби для підтримки системи втручання диспетчера; не забезпечує надання повної інформації для диспетчерів і систем підтримки.

Рівень SYSCO 1:

- забезпечує проміжну ступінь автоматизованої координації і передавання ПС;
- забезпечує подальше удосконалення використання повітряного простору;
- скорочення робочого навантаження диспетчера.

Для досягнення рівня SYSCO 1 органи ОПП повинні реалізувати мінімальні функціональні можливості рівня **Pre-Sysco** + базове спостереження для забезпечення системи інформацією про місцеположення ПС, засобами діалогу.

Рівень SYSCO 2:

- забезпечує повну автоматизацію SYSCO ;
- розширює використання повітряного простору;
- скорочення робочого навантаження диспетчера за рахунок надання більш повної інформації;
- припускає більш ефективне використання повітряного простору.

Для досягнення рівня 2 органи ОПП повинні реалізувати усі мінімальні функціональні можливості рівня 1, а також:

- відображення «області загального інтересу» (ACI) і повного використання можливостей обробки даних про умови виконання польотів;
- удосконалення спостереження і обробку даних плану польоту, а також функцією передбачення, контролю траєкторії і виявлення конфліктів.

Рівень SYSCO 3: має більш просунуту функціональність, що припускає подальше удосконалення в використанні повітряного простору і зменшення робочого навантаження диспетчера. Рівень 3 припускає використання таких технічних засобів, як:

- засоби забезпечення диспетчерів додатковою інформацією;
- підтримку в прийнятті рішень на різних етапів координації передавання – CORA;
- цифрова лінія передавання даних (ЦЛПД) «земля-борт» для включення пілота ПС в процес автоматизованої координації.

ЦЛПД також збільшує точність ведення загальної бази даних, що сприяє подальшому поліпшенню використання повітряного простору (ВПП).

2. Стандарт OLDI Євроконтролю

Протокол **OLDI** (*Online Data Interchange*) – протокол інформаційного взаємодії і обміну повідомленнями між органами ОПП. Для виконання цього протокол надає стандартні процедури, коли переміщення кожного ПС через

райони відповідальності заздалегідь координується, а передавання управління польотом відбувається на границе району УПР або поруч з нею.

Стандарт, розроблений Євроконтролем в 1992 р., призначений для реалізації багаторівневої концепції **SYSCO**. Використання цього стандарту почалося головним чином між Центрами ОрПР.

Стандарт **OLDI** забезпечує об'єднання систем обробки польотних даних (**FDPS** – *Flight Data Processing System*) різних РДЦ. Для впровадження **SYSCO** було розроблені і узгоджені загальні правила і формати повідомлень. В даний час, з 2012 р. діє версія 4.2, що включає:

- базові повідомлення;
- повідомлення базової процедури (ABI, ACT, REV, MAC, PAC і повідомлення логічного підтвердження LAM);
- повідомлення про повітряну обстановку поблизу границь даного району ОРП;
- повідомлення координації між наземними органами цивільної і військової авіації по організації перетинання відповідного повітряного простору;
- повідомлення для процедури передавання зв'язку;
- повідомлення для підтримки встановлення зв'язку з бортом ПС по ЦЛПД;
- рід додаткових повідомлень:
 - до базової процедури;
 - до процедури передавання зв'язку;
 - передвилітні повідомлення координації;
 - повідомлення діалогу координації;
 - інформаційні повідомлення для третіх сторін;
 - повідомлення координації між Центрами океанічного ОРП і РДЦ.

Всього в **OLDI 4.2** приведений 31 тип повідомлень (не рахуючи відповіді). В 2011 р. Євроконтроль випустив Керівництво по реалізації концепції **SYSCO**, в якому приводиться 21 тип повідомлень, які були включені в постанову Єврокомісії № 1032/2006 від 31.12.2012. Більш широкий охват передбачений програмою Євроконтролю **SESAR** – Глобальної експлуатаційної концепції ОрПР ІКАО (Doc 9854).

Для передавання повідомлень Євроконтроль пропонує використовувати формат **ADEXP** (*ATS Exchange Presentation*), яким визначені принципи форматування, правила граматики та інші. Також припускається використання скороченого формату, визначення ІКАО в Doc 4444.

В даний час **OLDI** широко використовується на рівні повідомлень і початкової координації в усіх РДЦ Євросоюзу для зв'язку з сусідніми РДЦ а також між РДЦ і АДЦ.

3. Начальна координація і базовий **OLDI**

Базовий **OLDI** – це обмін розрахунковими даними (*estimates*) з використанням протоколу **OLDI**. Згідно документу ІКАО Doc 4444 в

наступний по маршруту польоту орган ОНР повинно бути представлено повідомлення про рейс і в процесі координації повинно бути досягнення оперативна угода про умови передавання. Дос 4444 рекомендує органам ОНР встановлювати угоди (*LoA*) і використовувати стандартизовані процедури координації і передавання управління. Звичайно передбачаються стандартні маршрути і ешелони. Початкова координація для будь-якого рейсу у відповідності з такими умовами – передавання розрахункових даних і підтвердження їх отримання.

При використанні телефонного зв'язку початкова координація має місце приблизно за 30 хвилин до розрахункового часу перетинання границі РП. Спочатку відправляють повідомлення *ABI*, за якими відправляється повідомлення про активізацію *ACT*. Ці повідомлення відправляються автоматично в обумовлений угодою час до прольоту границі РП. Для повідомлення *ACT* час попередження – 10-15 хвилин. Диспетчер вищестоящего органу ОНР звичайно має можливість почати передавання даних раніше, якщо немає передпосилання для змін умов передавання (маршрут і ешелон).

Якщо у відповідь не поступає підтвердження *LAM* (*Logical Acknowledgement*) – то базовий ***OLDI*** потребує підтримки по ГМЗ (гучномовного зв'язку).

Згідно з документом Дос 4444 після початкової координації передавання рейсу припускає передавання радіолокаційного розпізнавального індексу ПС, передавання зв'язку і управління. Якщо повітряний простір чітко організовано і існують взаємні угоди, то передавання зв'язку і управління рідко потребують координації. З використанням *SYSCO* є функції, які указують не тільки в своєму секторі, а також і в секторі іншого органу ОНР, коли екіпажу була дана інструкція вийти на зв'язок з наступним сектором на відповідної частоті, а також коли такий контакт встановлений.

Багато існуючих систем ОНР використовують введення «***ASSUME***» щоб «підсвічувати» прийняти рейси у «своєму» секторі, тобто ті ПС, що перейшли на частоту сектора, що контролюється і знаходиться під управлінням в цьому секторі.

Система контролює хід польоту, видає диспетчеру на рубежах передавання/прийому необхідні нагадування. У відповідь диспетчер вводить у систему підтвердження узгоджених і виконаних дій по передаванню/прийому управління.

Специфікація ***OLDI*** також включає повідомлення для координації окремих елементів плану польоту, таких, як:

- зміна ешелону;
- нестандартний ешелон або маршрут;
- спрямлений маршрут;
- обмеження швидкості або вертикальної швидкості;
- цивільні/військові перетинання повітряного простору іншого відомства;

- вимога витримування часу або швидкості для забезпечення послідовності прибуття, тощо.

Впровадження **SYSCO** припускає двостороннє узгодження функцій, що застосовується, і повідомлень, що використовуються.

Таблиця 2. Перечень повідомлень OLDI, що використовуються

Повідомлення	Найменування повідомлення	Призначення повідомлень OLDI
ABI	Advance Boundary Information Message	Повідомлення попереднього повідомлення про умови перетинання границі сектора
ACT	Activation Message	Повідомлення активізації при стандартних умовах
LAM	Logical Acknowledgement Message	Повідомлення логічного підтвердження про отримання повідомлення
PAC	Preliminary Activate Message	Повідомлення попередньої активізації при стандартних умовах
REV	Revision Message	Повідомлення уточнення умов, що передані
MAC	Message for the Abrogation of Coordination	Повідомлення скасування повідомлень по координації, що були передані раніше

Усі ці повідомлення торкаються зміни в діючому плані польоту (таблиця 3).

Таблиця 3. Повідомлення плану польоту

Тип повідомлення	Номер повідомлення	Номер рейсу і код відповідача	Правила польоту і тип польоту	Кількість ПС в групі, тип ПС категорія	Обладнання	Аеродром вильоту і час	Точка і ешелон входу	Маршрут польоту	Аеродром призначення, час загальний час, запасний аеродром	Додаткова інформація
№ поля плану польоту	3	7	8	9	10	13	14	15	16	18
ABI	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ACT	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LAM	+									
PAC	+	+		+		+	+	+	+	+
REV	+	+	+		+	+	+	+	+	+
MAC	+	+				+	+		+	+

Повідомлення підтвердження **LAM** – це повідомлення, з допомогою якого, Центр, що приймає повідомлення, вказує Центру, що передає, що повідомлення отримане, перевірено і вільно від помилок, збережено і може бути відображено на робочому місці диспетчеру. Повідомлення **LAM** генерується автоматично і не залежить від того, знайдений план польоту до даного повідомлення, чи ні. Якщо в передаючому Центрі не отримане повідомлене **LAM** на протязі визначеного часу, то диспетчеру, що відправив

повідомлення, видається повідомлення *NO LAM*, за виключенням випадків, відправлення повідомлення *ABI*.

Повідомлення *ABI*: стандарт *OLDI* наказує відправлення повідомлення наступному органу ОПП – таким повідомленням є *ABI*. Якщо час від вильоту з аеродрому до точки координатії (*COP*) мале, то замість *ABI* видається попереднє повідомлення активації *PAC*.

Використання *ABI* дає можливість:

- попереднє ознайомитися з умовами перетинання границі РПІ наступного центру ОПП - наданням випередженої інформації про перетинання границі;
- поновити або отримати дані плану польоту, відкоригувати план польоту в базі даних;
- заздалегідь забезпечити кореляцію треку з планом;
- оцінити наступну середньострокове навантаження приймаючого сектору;
- при необхідності запитати зміну коду відповідача.

Повідомлення *ABI* завжди передуює передаванню повідомлень активації. Воно повинно бути перерване, якщо виконується передача повідомлень активації. Повідомлення *ABI* генерується і передається в суміжний центр автоматично, якщо до виходу з зони управління залишилася часу менше встановленого – для транзитних рейсів, а по ПС, що вилітають – після введення фактичного часу вильоту (*ATD*).

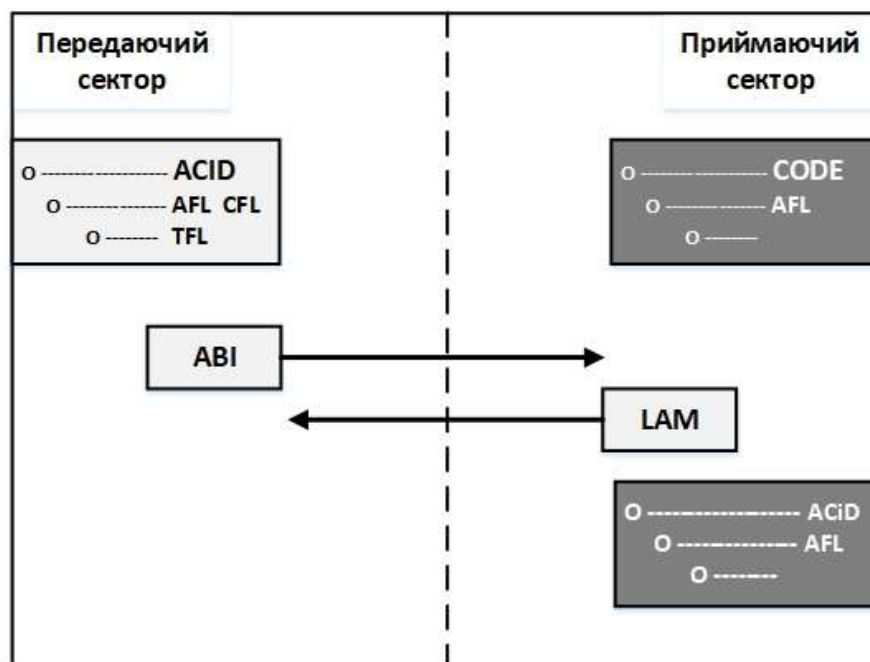


Рисунок 1. Схема передачі і прийому повідомлення *ABI*

Якщо план польоту в системі знайдений, або введений заново і немає протиріччя з даними в повідомленні *ABI*, то при вході ПС в зону виявлення засобів спостереження не більше, чим за 30 хвилин до входження в зону, відображається формуляр супроводження (ФС) з номером рейсу з номером

рейсу. При цьому в рядку добового плану, списку планування і списку ПС, що знаходяться під управлінням, в полі STATUS відображається «*ABI SENT*» (*ABI* відправлено). При надходженні відповідного повідомлення *LAM* відображається «*LAM ABI*» (підтвердження отримання *ABI*). Якщо повідомлення *LAM* не отримано, то в полі STATUS відображається «*ABI по LAM*».

До передання повідомлення активації можуть бути послані повторні *ABI* або змінилися наступні види інформації:

- в маршруті польоту – змінилася точка входу;
- аеродром призначення;
- тип ПС;
- ешелон перетинання границі;
- код ВРЛ в точці передачі управління;
- розрахунковий час прольоту точці входу більше, чим на час, установлений угодою;
- будь-які інші дані, установлені двосторонньою угодою.

В тому випадку, коли для отриманого повідомлення *ABI* в системі є план польоту, но в повідомленні є помилки або відмінності в даних повідомлення, то в полі STATUS в списку добового плану відображається попередження «*ABI CORR*».

Повідомлення *ACT* і *PAC*. Повідомлення про активізацію є основною інформацією про передавання ПС між двома Центрами ОНР на стандартних умовах. При наявності зв'язку між Центрами повідомлення про активізацію генерується і передається автоматично, за час, який встановлений угодою – не менше ніж за 10 хвилин до прольоту точки входу (ПС). Процедура активізації можлива в варіантах *ACT* і *PAC*. За 10 хвилин (ПС) до прольоту ПС границі система сектора, що передає, автоматично формує повідомлення, яке містить останні дані про умови входу ПС в повітряний простір наступного по маршруту сектора управління з урахуванням коригувань. При цьому:

- система повинна видати Центру, що передає, нагадування про необхідність передачі *ACT* в суміжний центр (по ГМЗ), якщо відсутнє інструментальна взаємодія з системою по стандарту *OLDI*;
- при відсутності інструментального зв'язку дані про умови входу/виходу передаються голосом на основі даних, що визиваються вручну.

Ціллю використання повідомлень активізації є:

- заміна голосової передачі розрахункових умов перетинання границі РПІ автоматичним передаванням від одного центру ОНР до наступного даних про політ за 10 хвилин до передачі управління;
- оновлення основних даних плану польоту в приймаючому центрі ОНР останню інформацію за 10 хвилин до проходження точці входу;
- можливість узгодження змін в умовах перетинання границі секторів РПІ;
- оновлення основних даних польоту в приймаючому центрі;

- можливість узгодження змін в умовах перетинання границі секторів.

Повідомлення *ACT* – в стандартних умовах автоматично генерується і передається системою, якщо дані, що передається, відповідають умовам згоди по точці виходу. При цьому в рядку добового плану і списку планування в полі STATUS відображається «*ACT SENT*». Від суміжного центра повинно отримати підтвердження «*LAM ACT*». Якщо повідомлення не отримане при закінченні часового інтервалу, то буде відображено «*LAM по ACT*». Повторне повідомлення *ACT* може бути відіслане по тому ж рейсу, якщо попередні повідомлення були відмінені повідомленням *MAC*.

При автоматичному отриманні повідомлення *ACT* в списку добового плану диспетчера приймаючого Центру в полі STATUS появиться повідомлення «*ACT RECV*» - *ACT* отримане.

Повідомлення *PAC* – система автоматично формує повідомлення активізації *PAC*, якщо дані, що передаються, відповідають умовам згоди по точці виходу, але час від зльоту ПС до прольоту точці виходу менше, ніж параметр, визначений для передачі *ACT*.

Повідомлення *REV*. Використовується передаючим Центром для передавання уточнення координатних даних в попередньому посланих повідомлень *ACT*, *PAC*, при умові, що приймаючий Центр не змінився в результаті модифікування польотних даних. Повідомлення *REV* корегує дані, що передані в повідомленні *ACT* або *PAC*, якщо до перетинання точці координатії залишається більше 3 хвилин. Причиною для посилення повідомлення *REV* є наступні зміни параметрів польоту:

- зміна розрахункового часу прольоту точці координатії – ЕТО;
- зміна точці координатії – СОР без зміни сектору;
- зміна ешелону передавання – TFL;
- зміна коду ВРЛ.

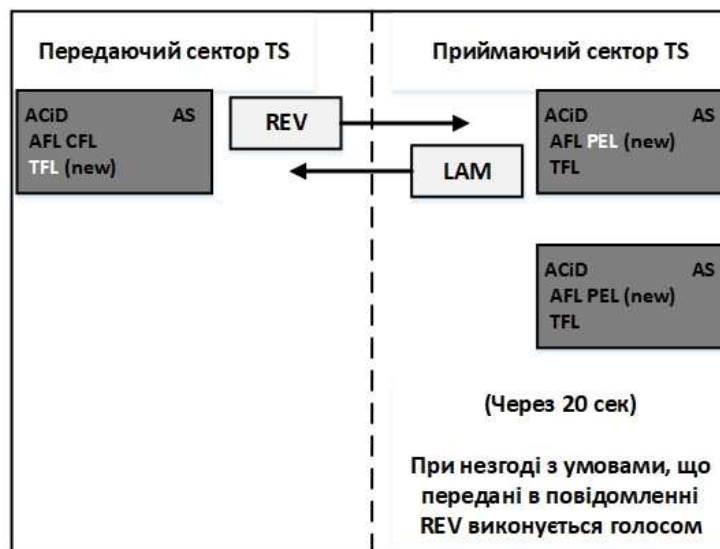


Рисунок 2. Схема передачі і прийому повідомлення REV

Повідомлення *MAC*: використовується для попередження приймаючого центра про відміну раніше виконаної координації або повідомлення. Це повідомлення не видаляє базові дані плану польоту і не може бути використане для відміни плану польоту.

Повідомлення *MAC* автоматично відсилається для відміни активізації при використанні повідомлень *ACT* або *PAC* в наступних випадках:

- в передаючому Центрі було отримане повідомлення *MAC* відносно даного рейсу від вищерозташованого суміжного Центру;
- ешелон, на якому передбачається перетинання границі, змінився, в результаті чого наступний приймаючий сектор відрізняється від узгодженого;
- маршрут польоту змінився, в результаті чого наступний приймаючий сектор відрізняється від узгодженого;
- план польоту скасовано в передаючому центрі, тому подальша координація не має сенсу.

При відправленні повідомлення *MAC* потрібно виконувати повідомлення, активізацію і координацію з знову призначеним Центром і містити посилання на повідомлення *ABI*, *PAC* або *ACT*.

В рядку ПС в полі STATUS з'являються діагностики:

- «*MAC SENT*» - повідомлення відіслано;
- «*LAM MAC*» - при отриманні підтвердження *LAM*;
- «*LAM no MAC*» - якщо підтвердження не отримане.

4. Стандарт ICAO AIDC

Документ 9694 «Керівництво по використанню ліній передавання даних (ЛПД) в цілях обслуговування повітряного руху» був розроблений ICAO в середині 90-х років, в якому описується використання ЛПД для обміну даних між органами ОПР – *AIDC* (ATS Interfacility Data Communication).

Стандарт *AIDC*, також як і в *OLDI*, передбачає повідомлення про ПС, що наближається до границі РПІ, координацію умов перетинання границі і передавання зв'язку/управління шляхом цифрового обміну повідомленнями ОПР в формі діалогів повідомлення, координації і передавання. Базові процедури *AIDC* має багато загального з повідомленнями *OLDI*, але відрізняються назвами. Опис типів повідомлень і їх зміст описаний в Додатку 6 Doc 4444 PANS-ATM.

У відмінності від *OLDI*, в *AIDC* відсутні додаткові повідомлення, наприклад, повідомлення по координації польотів військової і цивільної авіації. Стандарт *AIDC* використовуються в Китає, Індії, Північноатлантичному регіоні, Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, Австралії, Нової Зеландії, Індонезії і в інших багатьох країнах.

5. Організація потоків прильоту AMAN

В світовій практиці відомий такий термін, як організація потоків прильоту – *Arrival Management*. Це загальний термін, що позначає процеси безпечного і ефективного упорядкування потоку ПС, що прилітають, з ціллю його регулювання і прискорення, на конкретний аеродром призначення.

Процес планування потоків прильоту є багаторівневим і пов'язаний з різними елементами функціонування системи ОрПР. Це: організація повітряного простору, схеми маршрутів прильоту і вильоту, процедури ОПР, планування і координація ВПП, засоби ОПР, організація потоків повітряного руху та інше.



Рисунок 3. Узагальнена концепція формування потоку ПС

Основні задачі, що рішенняються засобом AMAN:

- формування послідовності потоку ПС, що прилітають для однієї ЗПС, а у випадку використання декількох ЗПС – для кожної ЗПС;
- розрахунок очікуваного (плануємого) часу прильоту (ЕТА) або прольоту (ЕТО) фіксованих контрольних точок маршруту прильоту (схеми заходу на посадку);
- розрахунок і реалізація переважно лінійних затримок з забезпеченням оптимальних профілів польоту і зведення до мінімуму використання орбітальних зон очікування;
- формування і регулювання послідовності прильоту з урахуванням певних критеріїв і обмежень по реалізації затримок ПС, що прилітають, в кожній з задіяних зон відповідальності диспетчерських пунктів РДЦ і АДЦ;
- переформування послідовності прильоту у випадку ручної послідовності або вставлення ПС, зміни ЗПС, вставлення слотів вильоту і закриття ЗПС, призначення пріоритетів обслуговування ПС;
- забезпечення можливості обслуговування усіх аеродромів, включених в робочу область AMAN з однією або декількома ЗПС;

- забезпечення можливості ручного видалення і вставлення ПС в послідовність прильоту, що формується;
- забезпечення можливості налагоджування конфігурації функції в залежності від обраних і корегуємих в ручному режимі за допомогою параметрів ЛМІ;
- інтеграція з іншими засобами автоматизації управління потоками *DMAN*.

Як правило, використання засібу *AMAN* здійснюється диспетчером-координатором, а відповідна інформація розподіляється по робочим місцям диспетчерів підходу, диспетчерів АКДП, задіяних секторів РЦ.

Як засіб автоматизації підтримки прийняття рішень диспетчерів ОНР засіб *AMAN* дозволяє:

- зменшити робоче завантаження диспетчера;
- збільшити економічну ефективність польотів за рахунок скорочення затримання ПС, що прилітають, в першу чергу в зонах очікування;
- раціонально використовувати наявні ресурси системи ОНР (структура ПП, організація диспетчерських пунктів, схема аеродрому, тощо);
- підвищити значення пропускної здатності аеродромної зони за рахунок скорочення інтервалів, що формується, між ПС;
- підвищити пропускну здатність ЗПС при її використанні в режимі «приліт» і змішаному режимі «приліт/виліт»;
- забезпечити заданий рівень безпеки повітряного руху за рахунок згладжування пікових навантажень на диспетчерів ОНР.

Засоби *AMAN* можна поділити на три основні категорії:

1. *FDPS* – неспеціалізовані інструменти регулювання, які ґрунтуються на базових функціях систем обробки польотних даних;
2. спеціалізовані засоби – базовий варіант *AMAN*;
3. спеціалізовані засоби – перспективні варіанти *AMAN*.

Побудова оптимізованої послідовності прильотів звичайно здійснюється з використанням набору критеріїв, які змінюються в залежності від місцевих умов: рівномірність розподілення затримок, категорії ПС, пропускна робота ЗПС, обмеження по її використанню, тощо. Оптимізована послідовність прибуття, як основний результат функціонування *AMAN*, може забезпечуватися для контрольних точок:

- точки рубежів передавання управління (точки входження в сектор);
- точки, що встановлені в цілях упорядкування і регулювання потоків ПС;
- точки початкового етапу заходу на посадку (IAF);
- точка прольоту торця ЗПС;
- інші точки траєкторії, що задаються.

В деяких випадках засоби *AMAN* можуть генерувати спеціальні рекомендації, які відносяться до значень швидкості або вказівок по виконанню маневру тонкого регулювання у відповідних частинах на посадку (наприклад, з використанням схеми *Point Merge System*).

Засоби *AMAN* базового рівня не є:

- засобами повного траєкторного контролю;
- засобами виявлення і розв'язування конфліктів;
- інтелектуальним інформаційно-керуючим засобом, що замінюють диспетчера ОПР;
- засобом вироблення остаточних рішень в системі ОпПР, які вимагають неухильних рішень.

*) ЕТА – час прильоту, що очікується;

ЕТО – час прольоту, що очікується;

RTO/TTO (Target/Required Time Over) – моменти часу прольоту контрольної точки;

IAF – точка початкового етапу заходження на посадку;

EAT – єдиний авіаційний час, що очікується

Номер черги на посадку може бути безпосередньо визначений на основі розрахунку EAT і ЕТА. Зовнішня границя області функціонування процедури *AMAN* визначається часом доступності початкового ЕТА, який отримується на основі траєкторних обчислень. Внутрішня границя області функціонування процедури *AMAN* визначається часом здійснення посадки ПС, що прилітає.

Операційна концепція функціонування процедури *AMAN* передбачає наступний сценарій (рис.4, 5):

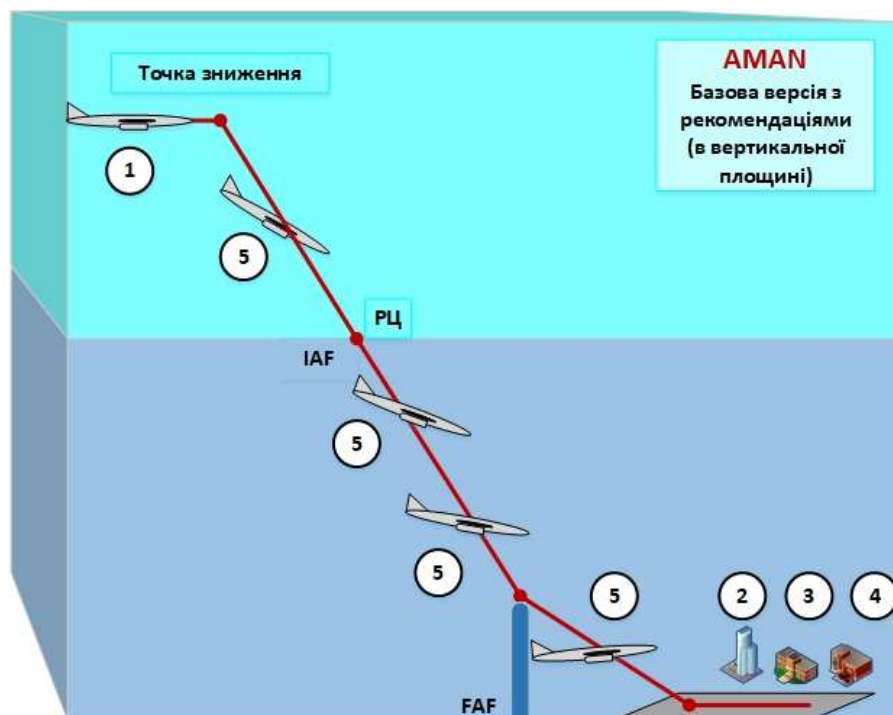


Рисунок 4. Операційна концепція функціонування *AMAN* в вертикальній площині

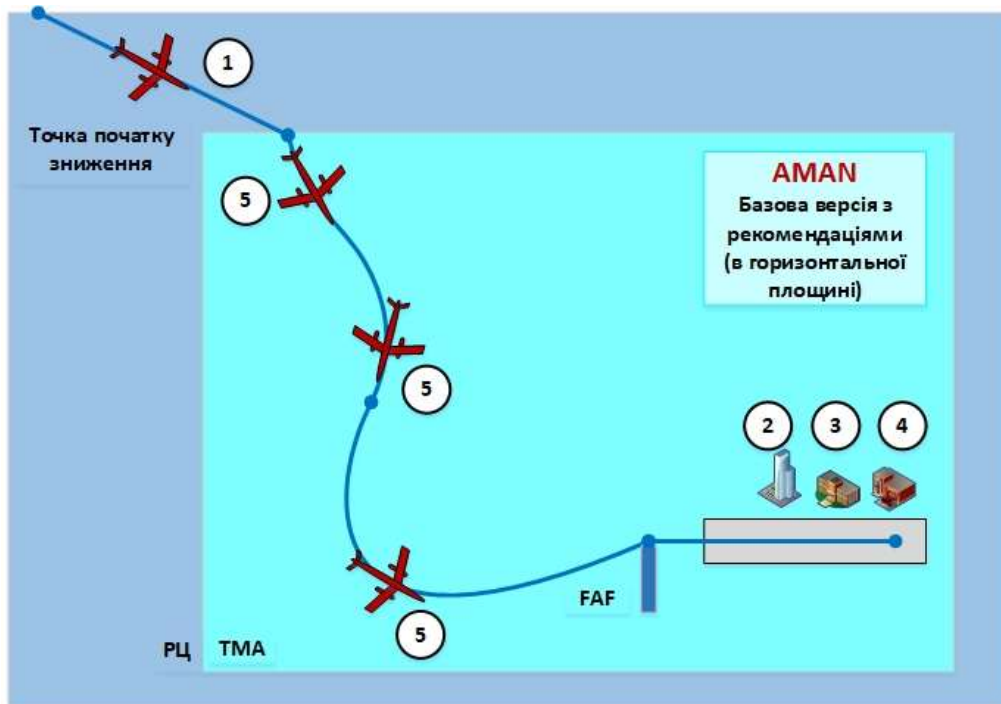


Рисунок 5. Операційна концепція функціонування AMAN в горизонтальній площині

- на віддаленні 250-400 км від торця ЗПС аеродрому призначення ПС вводиться в супроводження і поступає на обслуговування засобом AMAN (горизонт або рубіж зони функціонування AMAN);
- засіб AMAN розраховує переважний час прибуття ПС (без урахування обмежень);
- на основі переважного часу прибуття і критеріїв формування (оптимізації) послідовності визначається час ПС в послідовності прильоту.

За допомогою ЛМІ AMAN відображає інформацію (попередження і рекомендації), яка використовується диспетчером УПР для вибору керуючих команд по упорядковуванню ПС і формуванню інтервалів між ними в потоці прибуття за допомогою радіотелефонного зв'язку. Екіпаж ПС слідує вказівкам диспетчера УПР.

Вхідні дані AMAN:

- планова інформація;
- радіолокаційна інформація;
- правила і обмеження використання повітряного простору (ВПП);
- правила і обмеження виконання польотів;
- категорії і ЛТХ ПС;
- метеорологічна інформація;
- дані активного (ручного) введення за допомогою ЛМІ з робочих місць:
 - пропускна спроможність ЗПС;
 - мінімуми ешелонування;
 - темп прильотів на ЗПС;
 - інтервали блокування ЗПС

- критерії оптимізації.

Процес формування послідовності прильоту засобом AMAN в загальному вигляді показано на рис.6.

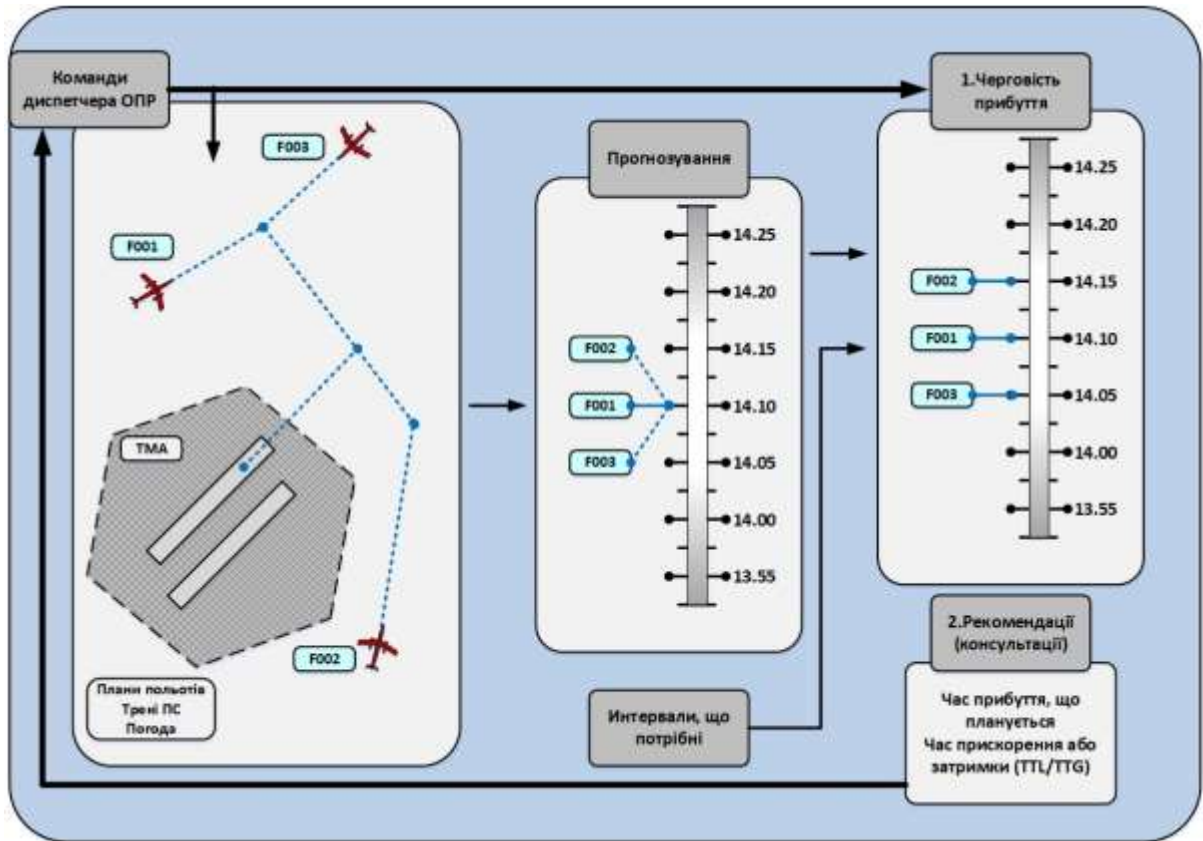


Рисунок 6. Процес формування послідовності прильоту засобом AMAN в загальному вигляді

Обмеженнями і факторами, що враховуються, є:

- мінімуми повздовжнього ешелонування ПС при диспетчерському обслуговуванні підходу і аеродромному диспетчерському обслуговуванні;
- інтервали прильоту на ЗПС;
- інтервали ешелонування в залежності від категорії ПС по інтенсивності турбулентності в сліду;
- нормативи пропускної спроможності ЗПС;
- обмеження, що визначаються місцевими умовами;
- організація повітряного простору;
- процедури ОПР, що використовуються;
- обмеження і режими використання ЗПС;
- обмеження, пов'язані з забезпеченням слотів вильоту при використанні ЗПС в змішаному режимі приліт/виліт.

Елементи системи забезпечення функції AMAN показано на рис.7

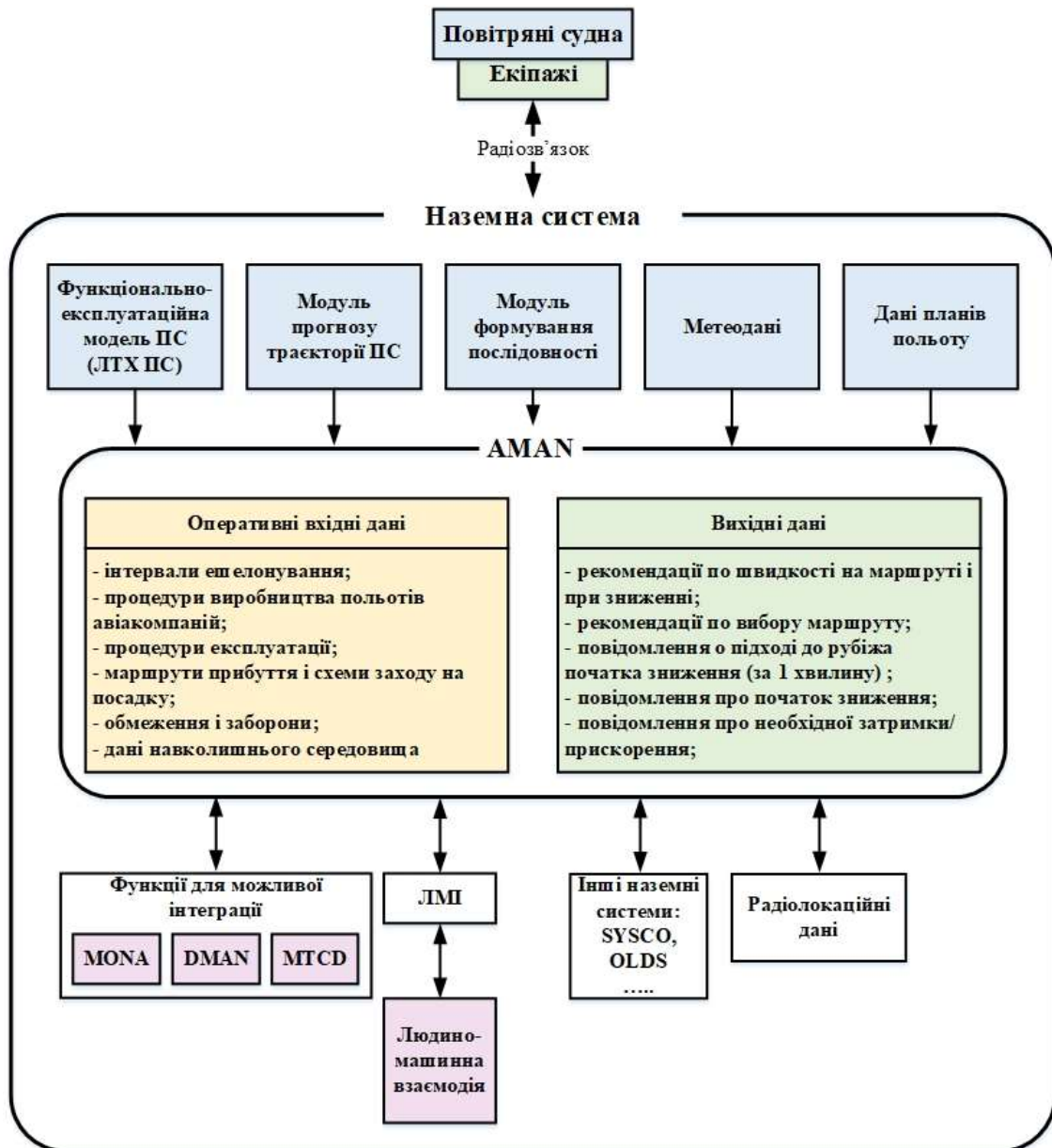


Рисунок 7. Елементи системи забезпечення функції AMAN

В результаті функціонування AMAN на робочих місцях органу ОНР за допомогою ЛМІ відображається наступна інформація:

- оптимізована послідовність ПС з відповідними ЛТХ, що прилітають;
- інформація, що представляється в формулярі ПС:
 - позивний ПС (рейс);
 - точка входу в район аеродрому (РА, напрям);
 - категорія турбулентності сліду;
 - необхідний час затримання/прискорення;
 - пріоритет обслуговування;
 - інша інформація – признак зміни ЗПС, аеродромні польоти, необхідність використання затримки в зоні очікування, тощо)
- цільовий час прильоту;

- рекомендації:

- по часу затримки/прискорення;
- швидкості;
- часу початку встановленого маневру (при використанні процедур «тонкого» регулювання);
- по точці і/або часу початку зниження.

Результати роботи *AMAN* можуть відображатися на робочих місцях АКДП, АДЦ, РДЦ, служб аеропорту з ціллю інформування і координації.

6. Засіб управління потоком ПС, що вилітають *DMAN*

Засіб управління потоком ПС, що вилітають – *DMAN*, є засобом планування, яке дозволяють підвищити ефективність організації і планування ПС, що вилітають, в цілях оптимального використання ресурсів аеропортів і пропускної спроможності системи ОрПР.

Ціллю функціонування *DMAN* є планування послідовності ПС, що вилітають, з ціллю забезпечення оптимальної пропускної спроможності ЗПС, зменшення черг перед заняттям виконавчого старту і надання необхідної інформації зацікавлених сторін:

- ПС (авіакомпаніям);
- службам аеропорту;
- службам наземного обслуговування;
- органам ОПР.

За допомогою ЛМІ послідовність вильотів представляється як список вильотів, які знаходяться в горизонті планування *DMAN*, з вказівкою розрахованих для кожного з них цільових значень часу зльоту (ТТОТ), запуску двигунів (TSAT), і відповідного їм очікуваного часу прибирання колодок (ТОВТ).

Ця інформація відображається на робочих місцях:

- спеціального підрозділу по забезпеченню управління на пероні;
- пункту обслуговування вильоту (*Delivery*);
- диспетчерського пункту руління – ДПР;
- диспетчерського пункту старту – СДП;
- керівника польотів аеродрому – РПА;
- диспетчера-координатора – Д-К.

Функціональні задачі, що рішення засобами *DMAN*:

- автоматичний розрахунок часових інтервалів, вільних для планування операцій зльоту;
- автоматичний розрахунок часових інтервалів, які обмежують виконання операцій зльоту за умовами турбулентності і норм ешелонування;
- розрахунок часу необхідної затримки для ПС при зльоті;
- розрахунок рекомендованого часу запуску двигунів;
- оптимізація послідовності вильотів на основі критеріїв;

- максимізація регулярності вильотів (у відповідності з перевагами авіакомпаній або в цілях організації потоків – відповідність слотам);
- автоматичний розрахунок допустимого часу (дистанції) між ПС в режимах посадка-зліт і зліт-посадка;
- автоматичний обмін повідомленнями на основі протоколу інформаційної взаємодії між АС УПР і АСУ ТП;
- автоматичний розрахунок часу передачі ПС під управління ОПР;
- розрахунок рекомендованого часу зльоту;
- автоматичний розрахунок часових інтервалів, вільних для планування операцій «зліт»;
- автоматичний розрахунок часових інтервалів, що обмежують виконання зльоту, як по умовам турбулентності, так і для забезпечення встановлених норм повздовжнього і вертикального ешелонування;
- автоматичний перерахунок послідовності вильоту на основі подій:
 - зміна ЗПС;
 - зміна місця стоянки (місця посадки пасажирів);
 - невиконання або затримка виконання вказівок диспетчера;
 - блокування ЗПС;
 - призначення пріоритету вильоту.
- розподілення рекомендованого часу зльоту по робочим місцям диспетчерських пунктів;
- збір статистичних даних (час руління, час зайнятості ЗПС, час заняття виконавчого старту та інше).

В основі функціонування засобів *DMAN* лежить процес планування і оптимізації, який протікає і керується по подіям, що, головним чином, формуються з вказівок і команд диспетчера:

- дозвіл на убирання колодок;
- дозвіл буксировки;
- дозвіл на запуск двигунів;
- дозвіл на початок руління;
- дозвіл на заняття виконавчого старту;
- дозвіл на зліт.

При формуванні послідовності вильотів подіями, що запускають процес її перерозрахунку, є:

- оперативні зміни ЗПС зльоту;
- зміна місця стоянки/перрона;
- пропуск або затримка виконання вказівок диспетчера;
- блокування (зачинення) ЗПС;
- відхилення від розрахункових значень тривалості станів переходів між подіями;
- запитання процедури протиобморожувальної обробки;
- призначення пріоритетів обслуговування польотів.

При формуванні послідовності враховуються наступні обмеження:

- інтервали між зльотами, які залежать від інтенсивності турбулентності сліду (WTC);
- час зайнятості ЗПС ПС, що вилітають;
- розташування (залежність) ЗПС і операційні моделі їх використання;
- інтервали закриття (блокування) ЗПС;
- час прибуття ПС, що прилітають;
- значення пропускної спроможності ЗПС;
- метеорологічні умови;
- процедури протиобморожувальної обробки;
- категорії швидкостей польоту ПС;
- схеми маршрутів вильоту (SID).

Процес формування послідовності вильотів засобом *DMAN* заснований на врахуванні наступної інформації:

- оперативна ситуація на аеродромі: наявність ПС, що прилітають, обмеження використання і стан ЗПС; пропускна спроможність ЗПС, метеоумови;
- розподілення ПС по стоянкам;
- схеми і час руління;
- місцеві обмеження, які складають специфіку функціонування конкретного аеродрому.

При плануванні природної послідовності, яка враховує тільки жорсткі обмеження, за основу приймаються тільки планова інформація і розрахункові значення часу: зльоту, запуску двигунів, початку буксировки, руління. Також, важливою функцією, що реалізується засобом *DMAN*, є формування послідовності вильотів при змішаному режимі використання ЗПС з урахуванням інтервалів зайнятості ЗПС ПС, що прилітають, і можливістю автоматичної координації слотів вильоту в змішаному потоці при інтеграції з засобом *AMAN*.

Найбільша ефективність використання засобу *DMAN* і його інтеграції з іншими системами забезпечуються на базі аеропортових систем сумісного прийняття рішень *A-CDM* (*Airport Collaborative Decision Making*). Алгоритм взаємодії засобу *DMAN* з зовнішніми системами представлений на рис.8.

Усі вхідні дані, що необхідні для роботи *DMAN*, класифікуються по таким блокам інформації:

- етапи обслуговування ПС, що вилітають: завантаження багажу, посадка пасажирів, закриття дверей, буксировка, руління, очікування, виконавчий старт, зліт;
- планові і розрахункові значення часу переходу по етапам обслуговування;
- дані про місцеположення ПС на робочій площині аеродрому;
- інформація про слоти прильоту, слоти вильоту і/або інших обмеженнях на виліт.

Основними джерелами даних, що забезпечують роботу засобу *DMAN*, є система обробки планової інформації (*FDPS*) і АСУ ТП аеропорту. Додаткові відомості про траєкторію руху ПС з ціллю корегування послідовності вильоту з фактичною ситуацією руху ПС можуть знаходити від системи *A-SMGCS*.

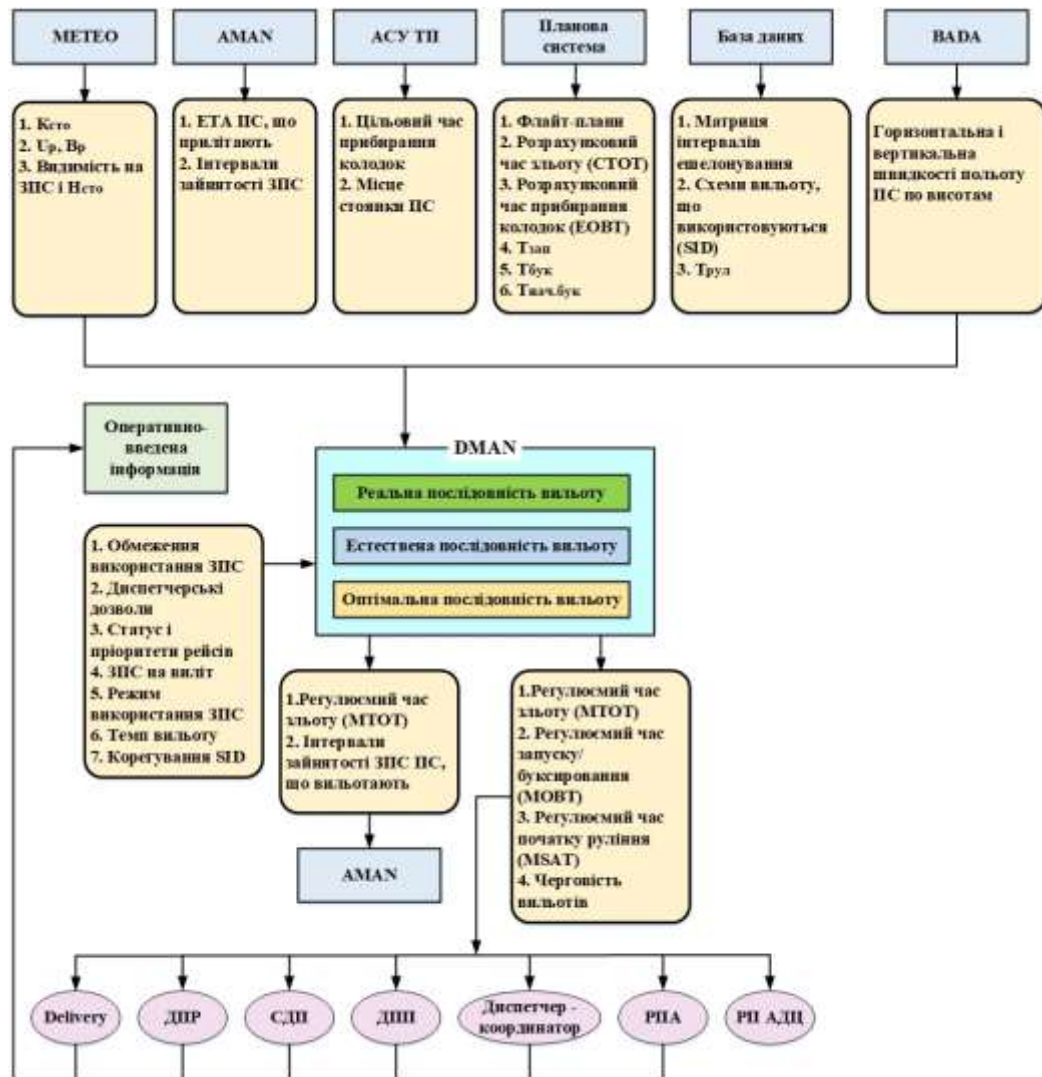


Рисунок 8. Алгоритм взаємодії засобу *DMAN* з зовнішніми системами

Необхідний перелік даних для функціонування *DMAN*:

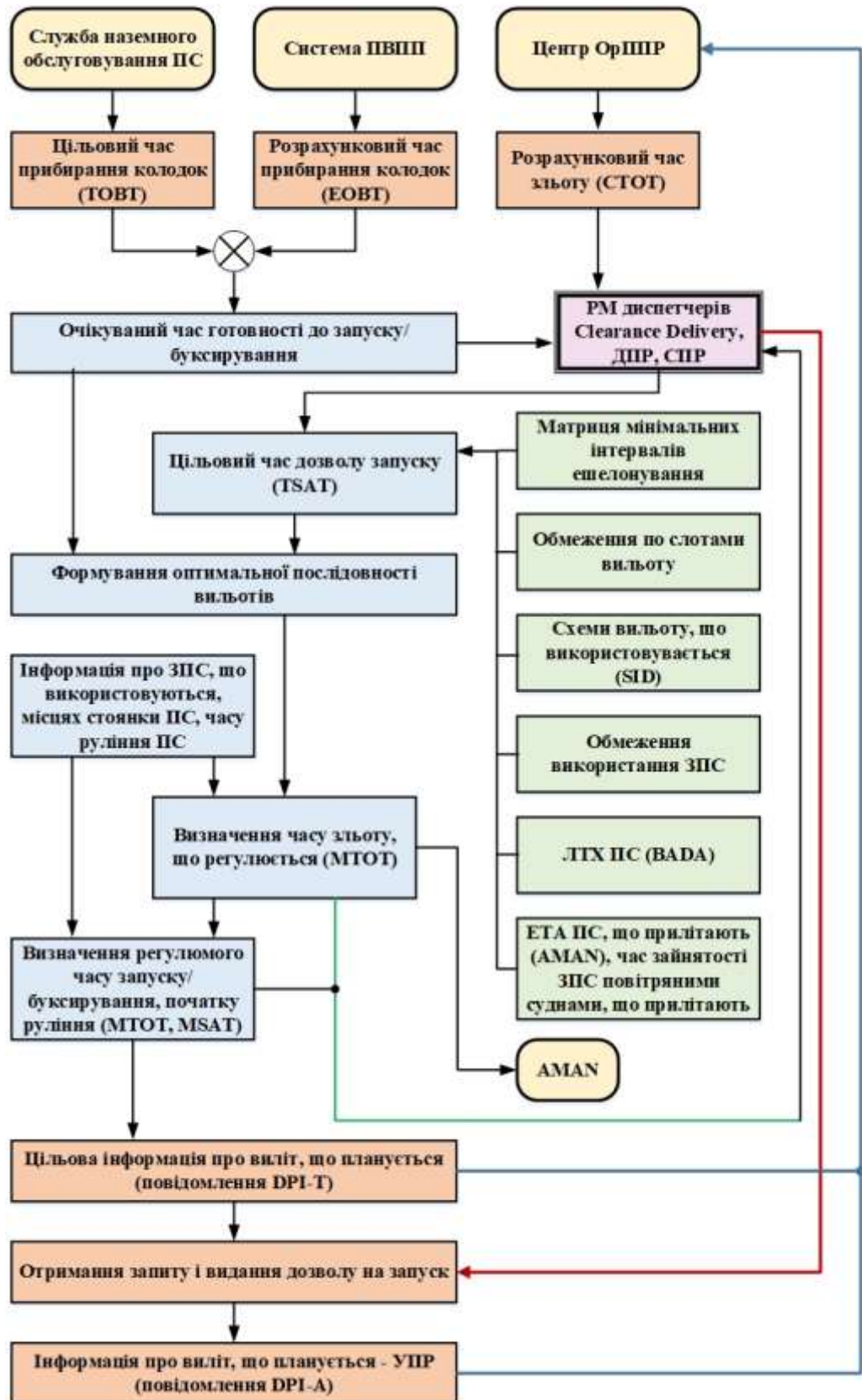
- позивний ПС;
- ідентифікатор флайт-плану (ідентифікаційний номер, що використовується при кореляції з трековими даними);
- тип ПС по ICAO і IATA;
- категорія ПС по інтенсивності турбулентності в сліді (WTC);
- категорія ПС по швидкості;
- маршрути вильоту, що використовуються (SID);
- розрахунковий та фактичний час убирання колодок;

- розрахунковий час зльоту;
- час заправки ($T_{\text{зап}}$);
- час буксировки ($T_{\text{бук}}$);
- час початку руління ($T_{\text{нач.рул}}$);
- інтервали між зльотами і ешелонування в районі аеродрому;
- встановлені маршрути руління ПС, що вилітають;
- розрахунковий час руління по маршрутам і типам ПС;
- напрям для зльоту робочої ЗПС;
- фактична і прогнозуєма метеоінформація, дані про стан ЗПС зльоту;
- розрахункові значення часу посадки і інтервали зайнятості ЗПС для ПС, що прилітають;
- ЛТХ ПС, що вилітають;
- призначені слоти вильоту;
- місця стоянок ПС;
- призначені ЗПС для зльоту;
- фактичний час запуску двигунів;
- активні зміни послідовності вильоту, що вносяться з робочих місць диспетчерських пунктів;
- інформація про видані диспетчерські дозволи і вказівки;
- інформація про досягнення ПС встановленого рубіжа;
- фактичний час зльоту ПС;
- інформація про блокування ПС;
- значення обраного темпу вильоту (пропускної спроможності по потоку вильоту).

Узагальнений алгоритм функціонування *DMAN* наданий на рис.9.

Основними відображаєми форми ЛМІ засобу *DMAN*:

- схема аеродрому;
- вікна списків: вильоту, очікування та інше;
- вікно послідовності вильоту у вигляді формулярів ПС, що вилітають, з прив'язкою до шкали часу;
- вікно планування послідовності прильоту і вильоту диспетчера-координатора.

Рисунок 9. Узагальнений алгоритм функціонування засобу *DMAN*

7. Інтеграція засобів AMAN/DMAN

Засоби *AMAN* і *DMAN* можуть бути об'єднані в єдиний інтегральний блок *AMAN/DMAN*. У випадку використання ЗПС в змішаному режимі для реалізації функцій *AMAN* необхідний облік даних про накладені обмеження про використання ЗПС на аеродромі, який обслуговується *AMAN* і слотах вильоту. Для реалізації функцій *DMAN* необхідний облік даних про слоти прильоту і інтервалах часу, доступних для вильоту.

Функціональні задачі взаємодії засобів *AMAN* і *DMAN*:

- передавання даних від *AMAN* в *DMAN* про накладені обмеження по використанню ЗПС в зв'язку з її заняттям ПС, що прилітають;
- координація темпу прильотів і узгодження інтервалів для вильотів між *AMAN* і *DMAN*.

У випадку використання засобу *DMAN* як модуля, сполученого з *AMAN*, при призначенні оптимального цільового часу зльоту з ЗПС, яка використовується в змішаному режимі приліт/виліт, повинно забезпечуватися:

- використання інтервалів між ПС, що прилітають, в потоці прильоту з ціллю підвищення ефективності використання ЗПС при мінімізації затримок ПС, що прилітають;
- розрахунок часу ТТОТ з урахуванням часу заняття виконавчого старту для забезпечення точності відповідності наявними інтервалами між прильотами;
- облік обмежень слотів вильоту, що надаються авіакомпаніями або органом організації потоків повітряного руху («гнучкий темп»);
- формування комбінацій вильотів в цілях максимізації пропускної спроможності по потоку ПС, що вилітають;
- регулювання і оптимізація часу ТТОТ для ПС, що вилітають, при надходженні від *AMAN* оновлених або уточнених даних про час прибуття ПС, що прилітають;
- сумісне надання послідовностей ПС, що прилітають і вилітають на робочих місцях, що задіяні;
- облік інтервалів зайнятості ЗПС ПС, що прилітають, і обмежень, пов'язаних з можливим відходом на друге коло для формування безконфліктної послідовності вильотів;
- перерахунок ТТОТ, якщо послідовність вильотів була змінена вручну або автоматично у зв'язку з оновленням послідовності ПС, що прилітають.

Стандартною процедурою є включення ПС, що вилітають, в потік ПС, що прилітають, є збільшення інтервалу прильоту; альтернативний варіант – використання слотів вильоту.

Значення слота забезпечує ешелонування між вилітаючими ПС, а також йому попередньому і наступним після нього ПС, що прилітає.