

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

Циклова комісія Аеронавігації
Кременчуцький льотний коледж

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ
вибіркових компонент освітньої програми першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти

Аеронавігація

за темою № 1 – Організація повітряного руху

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. *Загальні визначення*
2. *Скорочення та визначення*
3. *Ешелонування повітряного простору*
4. *Бортове обладнання для спостереження та попередження зіткнення*

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.

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. "Правила аэронавигационного обслуживания", "Организация воздушного движения", ИКАО, 2007 р.
4. Тучков Н.Т. Автоматизовані системи і радіоелектронні засоби управління повітряним рухом. Посібник для вузів. - М.:Транспорт, 1994

Інформаційні ресурси в Інтернеті

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ (АС УПР)

1. Загальні визначення

Управління повітряним рухом – це складова частина обслуговування повітряного руху (ОПР), яка являє собою безпосередню взаємодію між авіадиспетчером та екіпажем повітряного судна, а також іншими службами (метеорологічними, технічними та аеродромними).

Головні задачі УПР:

- запобігання зіткнення ПС між собою у повітрі, на пероні та на злітно-посадкової смузі (ЗПС), а також запобігання зіткнення ПС з перешкодами;
- прискорення та підтримка впорядкованого потоку повітряного руху;
- видача необхідної інформації та допомога екіпажам ПС в аварійних ситуаціях;
- видача іншої необхідної інформації (метеорологічної, радіотехнічної, тощо).

Методи реалізації:

Авіадиспетчери, використовуючи засоби спостереження за повітряною обстановкою, радіотехнічні засоби (радіостанції, пеленгатори, радіолокаційні станції, тощо) безперервно здійснюють моніторинг повітряної обстановки та виявляють потенційно конфліктні ситуації, тобто ситуації, коли є загроза сходження ПС в одному місці, на тому ж рівні польоту, в той самий час.

Методи, якими використовуються диспетчерами для вирішуванні потенційно конфліктних ситуацій:

- видачою команди на зміну ешелону польоту;
- видачою команди на зміну курсу та маршруту польоту;
- видачою команди на зміну швидкості польоту;
- іншими методами.

Ведення радіообміну між екіпажами ПС, органами ОПР та відповідними наземними службами на території України, у повітряному просторі України та повітряному просторі над відкритим морем, де відповідальність за ОПР покладено на Україну, здійснюється англійською або російською мовами, вище 275 ешелону польоту – тільки англійською (на запит російською).

Управління повітряним рухом (УПР) перебуває у компетенції держави. В США УПР здійснюється федеральним управлінням цивільної авіації (FAA) – відділенням міністерства транспорту.

Управління використанням (менеджмент) повітряного простору – функція планування, основною метою якої є забезпечення максимального використання наявного повітряного простору на основі динамічного розподілу за часом та, в окремих випадках, резервування повітряного простору для різних категорій користувачів з метою задоволення короткострокових потреб.

Менеджмент повітряного простору України та у повітряному просторі над відкритим морем, де відповідальність за обслуговування повітряного руху міжнародними договорами покладена на Україну, здійснюється за принципами гнучкого використання повітряного простору на трьох рівнях: стратегічному, передтактичному, тактичному.

Управління використанням (менеджмент) повітряного простору стратегічного рівня здійснюється Державіаслужбою України за погодженням з Міністерством оборони України та Мінінфраструктури України.

Управління використанням повітряного простору передтактичного та тактичного рівнів здійснюється Украероцентром та Центрами ОНР в межах їх компетенції.

2. Скорочення та визначення

ПО - *повітряна обстановка* – одночасне взаємне розташування ПС та інших матеріальних об'єктів в певному районі повітряного простору;

ПР – *повітряний рух* – рух повітряних суден, що знаходяться в польоті і рух ПС на площі маневрування аеродромів;

Повітряний простір з повітряним рухом – будь-який елемент повітряного простору (ПП), що має певні розміри і буквене позначення, в межах якого можуть виконуватися конкретні види польотів, для якого визначені правила польотів і обслуговування ПР;

ВПП – *використання повітряного простору* – діяльність, в процесі якої здійснюється переміщення в ПП різних матеріальних об'єктів (ПС, ракет, БПЛА та інших об'єктів), а також будівництво висотних споруд, електромагнітне або інші види випромінювання, викид в атмосферу речовин, що погіршують видимість, проведення вибухових робіт або інша діяльність, що створює небезпеку для польотів ПС.

ОВПП - *Організація використання повітряного простору* – сукупність заходів, що здійснюються авіаційними органами управління і спрямованих на забезпечення безпеки використання користувачами ПП польотних завдань з урахуванням економічності і регулярності ПР; вона включає в себе:

- встановлення структури ПП;
- планування і координування ВПП відповідно до державними пріоритетами;
- забезпечення дозвільного порядку ВПП;
- організацію повітряного руху.

Користувачі повітряного простору – цивільні і юридичні особи, наділені в установленому порядку правом на здійснення діяльності по ВПП.

Безпека використання повітряного простору – комплексна характеристика встановленого порядку використання повітряного простору, що визначає його здатність забезпечувати виконання всіх видів діяльності по ВПП без загрози життю і здоров'ю людей, матеріальних збитків державі, громадянам і юридичним особам.

ОНР- *обслуговування повітряного руху* – сукупність заходів, що включає:

- польотне-інформаційне обслуговування;
- консультативне обслуговування;
- диспетчерське обслуговування: районне, аеродромне;
- аварійне оповіщення.

Диспетчерське обслуговування (управління) повітряного руху – обслуговування (управління) з метою запобігання зіткнень повітряних суден між собою та іншими матеріальними об'єктами в повітрі, зіткнень з перешкодами, в тому числі на площі маневрування аеродромів, а також регулювання ПР і забезпечення його економічності.

Аеронавігаційне обслуговування польотів ПС – включає забезпечення користувачів ПП аеронавігаційною інформацією, засобами і можливостями систем зв'язку, навігації та спостереження для УПР, метеорологічною інформацією, а також системи пошуку і порятунку екіпажів і пасажирів ПС;

- *аеронавігаційна інформація* – відомості (аеронавігаційні дані) про характеристики і фактичний стан аеродромів, аеровузлів, елементів структури ПП і засобів радіотехнічного забезпечення повітряних трас, необхідні для організації та виконання польотів;

- *метеорологічна інформація* – міститься в метеорологічних зведеннях, результати аналізу або прогнозу метеоумов, а також в будь-яких інших повідомленнях, що стосуються фактичних або очікуваних метеоумов.

3. Ешелонування повітряного простору

Ешелонування ПС у повітряному просторі – спосіб вертикального, повздовжнього і бічного розосередження ПС у повітряному просторі для забезпечення безпеки повітряного руху.

Ешелон польоту – встановлена висота польоту з постійним атмосферним тиском щодо поверхні з тиском 760 мм рт.ст. і віддалена від інших висот польоту на величину встановлених інтервалів.

Згідно з авіаційними правилами є поняття абсолютної, відносної та істинної висоти польоту (рис.1).

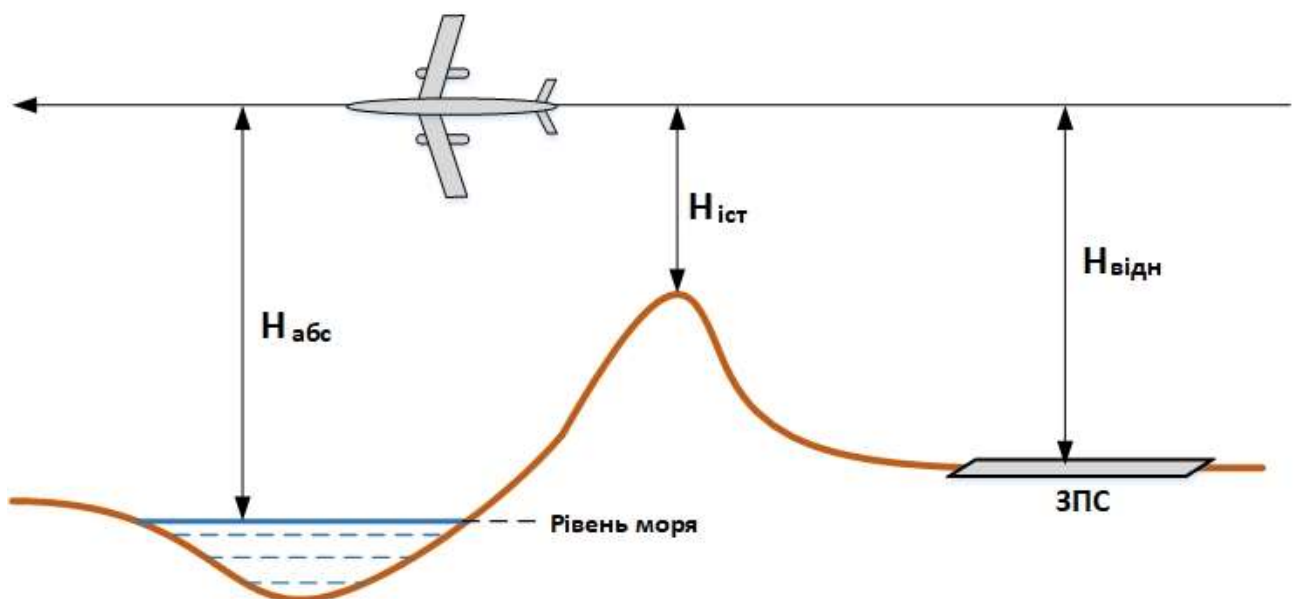


Рисунок 1. Висоти польоту повітряного судна

Контроль за ешелонуванням здійснює диспетчер у відповідності з діючими нормативними документами, а при польотах по ПВП – також і пілот ПС.

Ешелонування здійснюється, переважно при руху ПС по авіалініям. У випадку руху поза авіалініями повітряному судну встановлюється певний ешелон.

Ешелони виражають в встановленій висоті в сотнях футів, наприклад, ешелон FL350 відповідає висоті 35000 футів (10650 м).

Схеми ешелонування.

Схема вертикального ешелонування може розрізнятися в різних країнах. При перетинанні границь повітряних просторів, яких діють різні схеми, екіпажи змінюють ешелон по вказівки диспетчера.

Основними є півколова і квадрантна системи, які враховують напрям польоту ПС на підставі його курсу – магнітного або істинного, екіпажу дається дозвіл на заняття визначеного ешелону.

По півколової системі ешелони чергуються. Наприклад, ешелон 3300 м призначається ПС, які рухаються з заходу на схід (ИПУ $0^{\circ}\div 179^{\circ}$), наступний ешелон 3600 м призначається при польоті зі сходу на захід (ИПУ $180^{\circ}\div 359^{\circ}$). Півколова система використовується майже во усіх країнах світу, але може мати особливості. В деяких країнах відлік кута здійснюється по істинному шляховому куту, а в деяких по магнітному. Завдяки особливості географічного положення країни іноді кути можуть відрховуватися не від 0° і 180° . Наприклад, в Чилі є зсув на 30° , а во Франції, Нової Зеландії, В'єтнамі – на 90° .

Квадрантна схема ешелонування була основою для ІКАО до 1963 року. Вона діє в багатьох країнах, таких як Індія, Бангладеш, Камбоджа, Лаос, Японія і Великобританія при польотах по ПВП і при польотах по ППП в неконтролюємом ПП на ешелоні нижче FL245.

При квадратної схемі перший ешелон розташований в I-му квадранті (МПУ $0^{\circ}\div 89^{\circ}$), другий – в II-му квадранті (МПУ $90^{\circ}\div 179^{\circ}$), третій – в III квадранті (МПУ $180^{\circ}\div 269^{\circ}$), четвертий – в IV квадранті (МПУ $270^{\circ}\div 359^{\circ}$), п'ятий – в I-му квадранті і так далі.

Перехід до польоту на ешелоні

При зльоті і посадки на висотомір встановлюється атмосферний тиск аеродрому (QFE), коли ПС знаходиться на ЗПС, висотомір показує висоту 0. В більшості інших країн висотомір встановлюється на тиск, приведений до рівню моря (QNH). Однак, в будь-якому випадку після зльоту екіпаж встановлює стандартний тиск (QNE) – 760 мм рт.ст. Висота, при перетинанні якої встановлюється стандартний тиск, називається **висотою переходу**. Висота переходу може бути встановлена для кожного аеропорту окремо, ця величина як правило, доступна в автоінформації ATIS.

При зниженні тиск на висотомірі встановлюється при перетинанні ешелону переходу. Горизонтальний політ нижче ешелону переходу, но вище висоти переходу, тобто, в перехідному шарі, **заборонено**.

Ешелонування по стандартам ICAO – ешелонування RVSM

Скорочені мінімуми вертикального ешелонування (**RVSM** – Reduced vertical separation minima) – система мір, яка покликана збільшити пропускну спроможність ПП за рахунок зниження встановлених інтервалів між ешелонів. Вона передбачає інтервали в 1000 футів між ешелонами в верхньому ПП. КНР введено метричну систему **RVSM**.

Таблиця 1. Крейсерські ешелони традиційного ешелонування і ешелонування RVSM

Традиційне ешелонування				Ешелонування RVSM			
Захід		Схід		Захід		Схід	
FL фути	Ешелон	FL фути	Ешелон	FL фути	Ешелон	FL фути	Ешелон
		410	12500			410	12500
390	11900	370	11300	400	12190	390	11890
350	10650	330	10050	380	11580	370	11280
310	9450	290	8850	360	10970	350	10670
280	8550	270	8250	340	10360	330	10060
260	7900	250	7600	320	9750	310	9450
240	7300	230	7000	300	9140	290	8840
220	6700	210	6400	280	8550	270	8250
200	6100	190	5800	260	7900	250	7600
180	5500	170	5200	240	7300	230	7000
160	4900	150	4550	220	6700	210	6400
140	4250	130	3950	200	6100	190	5800
120	3650	110	3350	180	5500	170	5200
100	3050	90	2750	160	4900	150	4550
80	2450	70	2150	140	4250	130	3950
60	1850	50	1500	120	3650	110	3350
40	1200	30	900	100	3050	90	2750
				80	2450	70	2150
				60	1850	50	1500
				40	1200	30	900

Особливістю використання скорочених мінімумів ешелонування є необхідність сертифікування ПС, яке передбачає технічну готовність ПС і екіпажу дотримуватися цих норм. Якщо ПС не сертифіковане на роботу в системі RVSM, воно не може бути допущено на діапазон висот, де діє **RVSM** і повинне займати ешелони нижче.

Повздовжнє ешелонування

Повздовжнє ешелонування – це розподіл ПС на однієї висоті по часу або по відстані вздовж лінії шляху. На міжнародних повітряних трасах використовуються обидва види повздовжнього ешелонування.

Повздовжнє ешелонування по часу складає:

1. На одному маршруті і ешелоні;
2. На курсах, що перетинаються на одному ешелоні;
3. При наборі висоти і на зниженні, якщо ПС перетинає ешелон іншого ПС на загальній лінії шляху.

Повздожнє ешелонуванню по відстані, при наявності дальномірного обладнання (*DME* – distance measuring equipment):

1. На одному маршруті і ешелоні;
2. На курсах, що перетинаються.

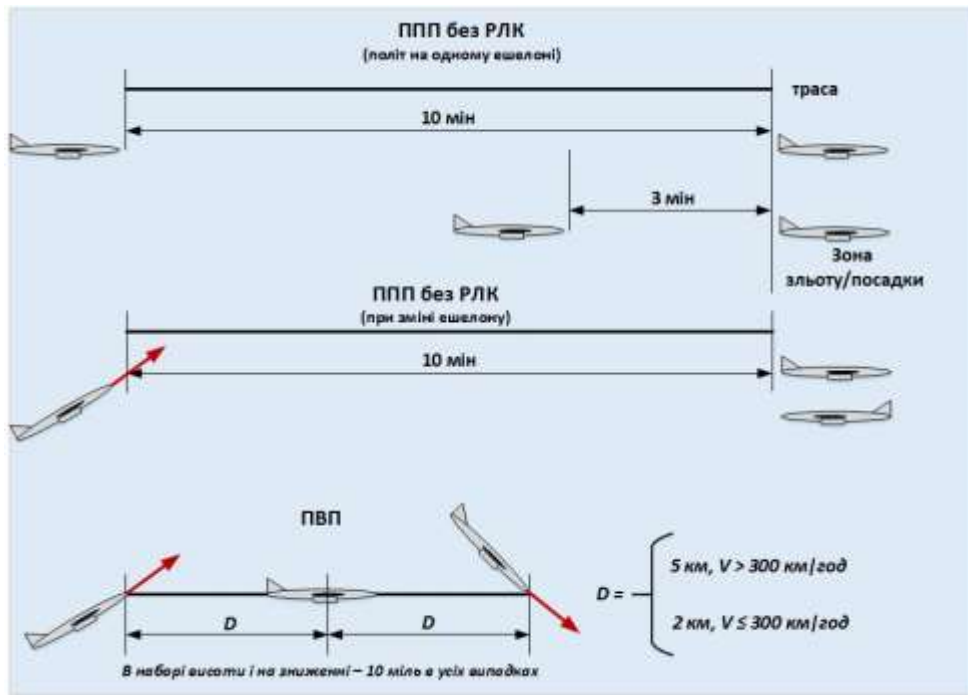


Рисунок 2. Повздожнє ешелонування

Бічне ешелонування

Бічне ешелонування – це розподілення ПС на одній висоті по відстані або кутовому зміщенню між їх лініями шляху

Ешелонування правої сторони: офіційний принцип ешелонування – йти по маршруту трохи правіше від траси. При зустрічному русі ПС з набором висоти або зі зниженням кожне ПС повинно дотримуватися правого боку траси з таким рахунком, щоб перебувати трохи правіше траси.

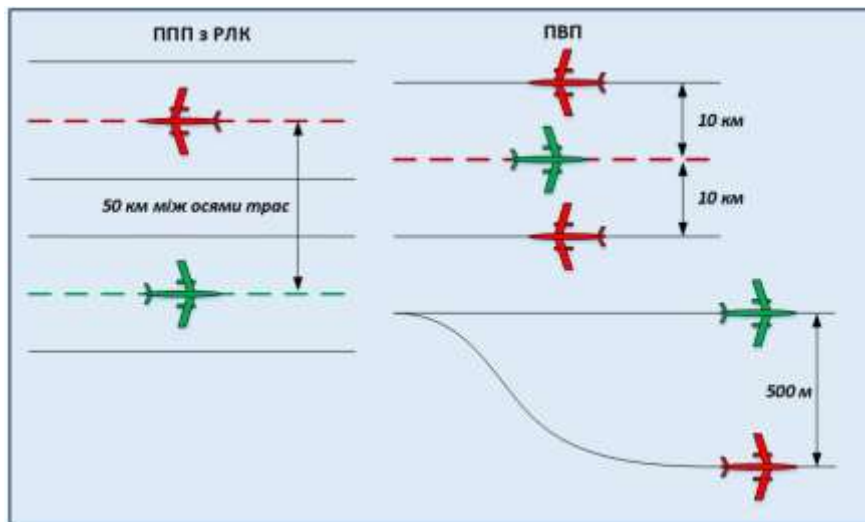


Рисунок 3. Бічне ешелонування (1)

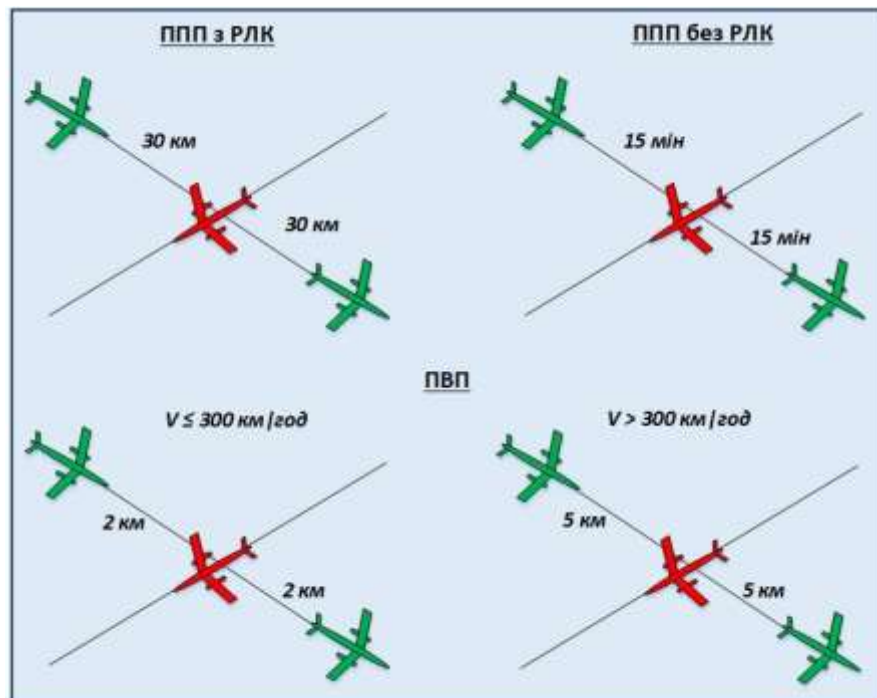


Рисунок 4. Бічне ешелонування (2)

4. Бортове обладнання для спостереження та попередження зіткнення

4.1 Транспондер

Це скорочення від словосполучення «transmitter–responder», або прийомо-передавач, інша назва – «літаковий радіолокаційний відповідач», тобто пристрій, який автоматично передає інформацію з борта ПС у відповідь на запит з землі.

Існує декілька типів відповідачів:

- бортовий відповідач державного впізнання «свій-чужий»;
- відповідач, який використовується в системі УПР.

Для стеження за ПС з землі традиційно використовується **SSR** – вторинний радіолокатор виявлення (*secondary surveillance radar*), тобто той, що у відповідь на сигнал радару з землі передає у відповідь деяку інформацію. Звичайний радар, що стежить за ПС по відбитому від нього сигналу, здатен визначати відстань до ПС та його швидкість, але на великій відстані йому складно точно визначити висоту.

Вторинні радары останнього покоління – **SSR Mode S** – здатні у відповідь на сигнал передавати на землю багато параметрів, включаючи самий головний – висоту, а також інформацію про ПС і рейси.

В останній час в авіації почала використовуватися інша система **ADS-B** – автоматичне залежне спостереження-мовлення (*Automatic Dependant Surveillance Broadcast*), яка використовує систему GPS, передає на землю більше інформації і дозволяє як диспетчеру так і пілоту бачити повітряну обстановку там, де відбувається політ. На сучасних авіалайнерах звичайно стоять обидві системи (наприклад, на Airbus A320).

Сайт *FlightRadar24.com* отримує інформацію від систем **ADS-B**.

SSR спроможний передавати по радіо чотирьохзначні коди, кожен з яких має своє значення. Всього технічно можливо передавати 4096 різних кодових сигналів. Деякі коди означають певні позаштатні ситуації, наприклад:

- 7500 – захват літака;
- 7700 – сигнал лиха.

Код виставляється на пульті **SSR** вручну, після чого інформація, яка передається в автоматичному режимі, буде включати в себе «статус».

4.2 Дальномірне обладнання

Дальномірне обладнання – DME- є системою визначення відстані від радіопередавача до об'єкта на основі визначення затримки часу поширення радіохвиль у діапазонах **VHF/UHF**.

Точність наземних систем DME становить ± 185 м (0,1 мор.миль), система подає фізичну відстань від борта ПС до передавача. Ця відстань не враховує схилення, так як тригонометричне залежить від висоти борту над передавачем та горизонтальної віддалі по землі.

Наприклад, борт знаходиться просто над DME-станцією на висоті 1 морська миля (1852 м) і показник повинен показати 1 милю. Однак, в таких випадках виникають похибки у замірюванні в зв'язку з над малою відстанню до наземної станції. Світові стандарти **FAA**, **EASA**, **ICAO** закладають в показники радіонавігаційних засобів певні допуски похибок, тому обладнання підлягає регулярному контролю та калібрації для забезпечення точності замірів.

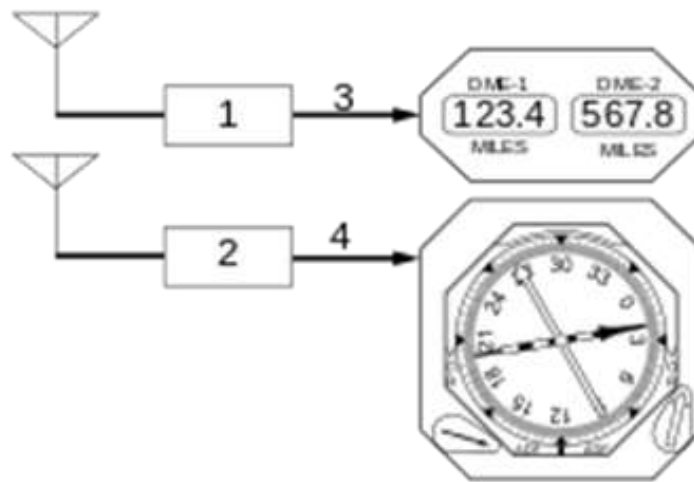


Рисунок 5. Дисплей відстані DME та напрямів VOR/ADF в кабіні літака

*) VOR – VHF Omni-directional Radio Range – всеспрямований азимутальний радіомаяк;

ADF – Automatic Directional Finder – автоматичний пеленгатор, показник напрямку

ILS – Instrument Landing System – радіотехнічна курсо-гліссадна система метрового діапазону;

MLS – Microwave Landing System - радіотехнічна курсо-гліссадна система сантиметрового діапазону.

Частоти для роботи **DME** знаходяться у **VOR**-діапазоні: передавання 962-1213 МГц, приймання 1025-1150 МГц. Діапазон розділений на 126 каналів для запитів і стільки ж для відповідей. Частоти – через 63 МГц і 1 МГц для відокремлення. Ширина спектру – 100 кГц.

Обладнання **DME** ідентифікує себе звуковим сигналом коду Морзе на частоті 1350 Гц повідомленням у три літери. Якщо система поєднана з VOR/ILS, тоді використовуватиметься код старшої системи.

4.3 Система попередження зіткнення літаків у повітрі

TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System) – система ПС, яка призначена для зменшення ризику зіткнення ПС. Система оглядає простір навколо ПС, виявляючи інші ПС, обладнані відповідачем системи **TCAS**. У разі виникнення ризику зіткнення система попереджає про це пілотів. За стандартами ICAO, **TCAS** повинен бути встановлений на всіх ПС важче 5700 кг, або сертифікованих для перевезення понад 19 пасажирів.



Рисунок 6. Індикатор TCAS, вмонтований у навігаційний дисплей Airbus

Обмеження:

- TCAS може видати вказівки тільки по вертикальному ешелонуванню;
- Система УПР не отримує вказівок, виданих TCAS літакам, тому авіадиспетчери можуть не знати про такі вказівки, і навіть давати суперечливі вказівки, що є причиною спантеличення екіпажів (Зіткнення над Боденським озером 1.07.2002 р.);
- Для ефективної роботи TCAS необхідно, щоб цією системою було оснащени всі літаки, так як вони виявляють один одного по відповідачам.