



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

В. П. Харченко, Г. Ф. Аргунов

**КОНФЛІКТНІ
СИТУАЦІЇ
В СИСТЕМІ
УПРАВЛІННЯ
ПОВІТРЯНИМ РУХОМ**

Навчальний посібник



VIVERE!
VINCERE!
CREATE!

Київ 2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

В. П. Харченко, Г. Ф. Аргунов

КОНФЛІКТНІ СИТУАЦІЇ
В СИСТЕМІ
УПРАВЛІННЯ
ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямом підготовки «Аеронавігація»*

Київ
Видавництво Національного авіаційного університету
«НАУ-друк»
2010

УДК 656.7.052 (075.8)
ББК 053-015я7
X 227

Рецензенти:

Г. Л. Баранов — д-р техн. наук, проф.,
заступник директора з наукової роботи
(Державне підприємство «Центральний науково-дослідний
інститут навігації та управління»);

А. М. Невиніцин — канд. техн. наук, доц.,
провідний інженер відділу з організації
та використання повітряного простору
(Державне підприємство обслуговування
повітряного руху України «Украерорух»);

В. А. Швець — начальник Управління незалежного
розслідування авіаційних випадків
(Державна авіаційна адміністрація України)

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(Лист 1/II-676 від 10.02.2010)*

Харченко В. П.

X227 Конфліктні ситуації в системі управління повітряним рухом:
навч. посіб. / В. П. Харченко, Г. Ф. Аргунов. — К. : Вид-во Нац. авіа-
ац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. — 172 с.

ISBN 978-966-598-632-4

Розглянуто виявлення та розв'язання конфліктних ситуацій під час управління повітряним рухом з використанням сучасних автоматизованих систем управління повітряним рухом.

Наведено методи та процедури розв'язання конфліктних ситуацій.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Аеронавігація», а також для фахівців обслуговування повітряного руху.

УДК 656.7.052 (075.8)
ББК 053-015я7

© Харченко В.П., Аргунов Г.Ф., 2010

ISBN 978-966-598-632-4

© НАУ, 2010



ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ І СКОРОЧЕННЯ	9
ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	11
ВСТУП	20
1. МНОЖИННА КЛАСИФІКАЦІЯ СИТУАЦІЙ ПОВІТРЯНОГО СТАНУ	23
1.1. Принципи побудови класифікаторів	23
1.2. Побудова класів ситуацій	26
1.3. Класифікація потенційно конфліктних ситуацій під час управління повітряним рухом	42
<i>Запитання для самоперевірки</i>	45
2. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ	46
2.1. Розрахунок часу і місця розходження повітряних кораблів під час польоту по одному маршруту	46
2.2. Розрахунок мінімальних відстаней для початку маневрування повітряними кораблями	48
2.3. Прогнозування та аналіз розвитку конфліктних ситуацій	53
<i>Запитання для самоперевірки</i>	57
3. НАЗЕМНІ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ	58
3.1. Виявлення конфлікту та процесу його розв'язання	58
3.2. Автоматизація процесів попередження зіткнень	65
3.3. Правила видачі короткострокових попереджень про конфліктну ситуацію	73
3.4. Автоматизована система управління повітряним рухом «Консоль-2000»	73
3.5. Автоматизована система управління повітряним рухом «Аеротехніка»	76
<i>Запитання для самоперевірки</i>	79
4. МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОТЕНЦІЙНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ	80
4.1. Перетинання рівня на попутних треках	80
4.2. Перетинання рівня на зустрічних треках	88
4.3. Перетинання треків	90
4.4. Політ на одному рівні	91
<i>Запитання для самоперевірки</i>	93

5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ З РОЗВ'ЯЗАННЯ ПЕНЕНЦІНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ	94
5.1. Радіолокаційна інформація	94
5.1.1. Надання радіолокаційної інформації	94
5.1.2. Склад відображуваної радіолокаційної інформації	95
5.2. Ідентифікація повітряного корабля	100
5.2.1. Правила ідентифікації повітряного корабля у разі використання вторинного оглядового радіолокатора	101
5.2.2. Правила ідентифікації повітряного корабля у разі використання первинного оглядового радіолокатора	102
5.2.3. Інформація про місцеперебування повітряного корабля	103
5.3. Управління швидкістю повітряних кораблів	105
5.3.1. Управління швидкістю у горизонтальній площині	105
5.3.2. Управління швидкістю у вертикальній площині	107
5.4. Радіолокаційне наведення	109
5.5. Призначення рівнів польоту повітряним кораблям, що виконують контрольований політ	111
5.6. Аналіз повітряної ситуації та попередження розвитку потенційно конфліктних ситуацій	114
<i>Запитання для самоперевірки</i>	117
6. БОРТОВА СИСТЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ	118
6.1. Принципи функціонування <i>ACAS</i>	119
6.2. Правила для повітряних кораблів, обладнаних <i>ACAS</i> і правила ведення радіообміну	120
6.3. Експлуатація обладнання <i>ACAS</i>	123
6.4. Типи <i>ACAS</i>	123
6.5. Технічний опис <i>TCAS II</i>	124
6.6. Експлуатація бортової системи попередження зіткнень	128
6.7. Логічна схема <i>ACAS</i> із запобігання загрози зіткнення	131
6.8. Функції системи запобігання зіткненням	133
6.9. Рекомендації щодо запобігання загрози зіткнення	136
<i>Запитання для самоперевірки</i>	141
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	142
ДОДАТОК 1. Зіткнення повітряних кораблів у повітрі	144
ДОДАТОК 2. Зближення повітряних кораблів у повітрі	155
ДОДАТОК 3. Завдання з розв'язання потенційно конфліктних ситуацій	162



ПЕРЕДМОВА

Авіаційна галузь — один з найвиразніших прикладів існуючих небезпек життєдіяльності людини, їх джерел і чинників (у більшості випадків — комплексного характеру).

Безпека авіації — це комплексна властивість авіаційної транспортної системи виконувати свої функції без завдання збитків (чи з мінімальними збитками) самій системі або населенню, в інтересах якого вона розвивається. Її основними компонентами є безпека польотів, авіаційна та екологічна безпека.

Безпека — це відсутність авіаційних подій. Цю аксіому повинен пам'ятати кожен, хто займається організацією повітряного руху. Однак, приділяючи безпеці першочергове значення, її не можна розглядати окремо від потреби забезпечувати упорядкований й ефективний потік повітряного руху та швидке розв'язання конфліктних ситуацій. Рух має бути організований так, щоб користувачам повітряного простору надавалося максимально можливе обслуговування з урахуванням різних льотно-технічних характеристик повітряних кораблів.

Характеристики сучасних повітряних кораблів мають досить широкий діапазон, тобто швидкості варіюються від надзвукових до майже нульових у гелікоптерів, швидкості зниження й набирання висоти змінюються в межах від декількох метрів до декількох десятків метрів за хвилину, польоти варіюються від не залежних від метеорологічних умов до таких, що можуть виконуватися тільки за візуальних умов. Зі збільшенням кількості користувачів визначеного повітряного простору ускладнюється й організація повітряного руху.

Збільшення в останні роки кількості катастроф і відповідно смертей спричинено різким збільшенням обсягу повітряних перевезень в усьому світі. Ось черговий парадокс технічного прогресу: польоти стають дедалі безпечнішими, але в абсолютних цифрах кількість загиблих збільшується.

Через помилки пілотів, як вважають експерти, сталася більша

частину всіх авіаційних подій. Дослідження, проведене фахівцями компанії «Боїнг», показало, що 65 % усіх авіаційних подій у реактивній транспортній авіації в 1959 — 1986 рр. спричинено помилками, допущеними членами екіпажів літаків.

Причиною катастрофи літака MD-80 авіакомпанії *Northwest airlines*, що відбулася в серпні 1987 р. і забрала 156 життів, було те, що обидва пілоти забули випустити закрилки й передкрилки. Але ж ця операція — невід’ємна частина управління польотом!

Інший приклад. У 1972 р. уночі в районі Флориди — Еверглейдс (США) розбився широкофюзеляжний літак L-1011 компанії *Eastern Airlines*, загинуло 100 людей. Причиною ж було те, що лампочка, яка вказує положення шасі, не загорілася, і всі члени екіпажу відволіклися на вирішення цієї проблеми.

Розслідування катастрофи показало, що лампочка лише перегоріла. Збережений у «чорному ящику» магнітофонний запис розмови пілотів показує, що ніхто з них не помітив, що автопілот вимкнувся, літак почав поступово знижуватися й зрештою урізався в землю.

Не завжди помилка пілота — це його власна провина. Неправильні дії можуть спричиняти безліч факторів — починаючи з незручного компонування кабіни пілота й завершуючи помилковими вказівками диспетчерів.

Ось лише деякі аварії літаків, що сталися з вини авіадиспетчерів:

11 серпня 1979 р. — зіткнення на висоті 8400 м двох літаків Ту-134, що виконували рейсові польоти, у районі Дніпродзержинська. Усі пасажирів й екіпажі (178 людей) загинули.

18 жовтня 1981 р. — у районі аеродрому Железногорськ зіткнулися вертоліт Мі-8 і рейсовий літак Як-40. Усі пасажирів й екіпажі загинули.

11 жовтня 1984 р. — в аеропорту Омськ літак Ту-154 після посадки зіткнувся з двома заправними машинами. Загинуло 170 людей. Екіпаж залишився живий завдяки випадковості — заклинило двері в салон.

Випадкові причини теж вносять свою трагічну частку в список аварій літальних апаратів. 2 липня 1991 р. у районі Туви (СРСР) розбився вертоліт, двигун якого відмовив через влучення грозового розряду, загинуло 13 людей.

Незважаючи на те, що одним із завдань органів управління повітряним рухом є запобігання інцидентам у повітрі, з вини працівників служби руху відбувається більшість небезпечних зближень.

Однією з найважливіших причин цих зближень є те, що диспет-

чер приймає відповідальні рішення щодо прогнозування й визначення конфліктів між повітряними кораблями на підставі неповної інформації. Ускладнюється це й тим, що рішення приймається в умовах дефіциту часу. При цьому цілком можливі помилки.

У практиці управління повітряним рухом за стандартами й рекомендаціями Міжнародної організації цивільної авіації застосовують процедуру видачі диспетчерських дозволів, що припускає й проведення різних розрахунків для визначення безконфліктної траєкторії руху повітряних кораблів у зоні управління рухом.

У зв'язку з цим, вивчаючи технологічні операції з управління повітряним рухом доцільно всебічно вивчати питання, що стосуються розв'язання потенційно конфліктних ситуацій. Таким чином, необхідно визначити: типи потенційно конфліктних ситуацій; конфліктність ситуації та метод розв'язання потенційно конфліктних ситуацій, а також розглянути проблеми попередження зіткнень повітряних кораблів у повітрі з погляду автоматизації процесів попередження зіткнень у системах обслуговування повітряного руху.

Неможливо стверджувати, що найімовірнішим учасником порушення норм ешелонування у польоті є недосвідчений чи більш досвідчений диспетчер.

У диспетчера-початківця недостатньо добре відпрацьована обачність у складній ситуації. Проте досвід диспетчера, у якого протягом багатьох годин одноманітної роботи не було жодної потенційно конфліктної ситуації, може стати самозаспокоєнням і не вести радіолокаційний контроль належним чином.

Однією з найважливіших специфічних функцій диспетчера є прогнозування повітряної ситуації. Для прогнозування розвитку повітряної ситуації в першу чергу потрібно класифікувати ситуації повітряного стану та потенційно конфліктні ситуації під час управління повітряним рухом. Цій проблемі присвячено перший розділ навчального посібника.

Окремо виділено два розділи навчального посібника, у яких розглядаються автоматизація процесів управління повітряним рухом та застосування бортових систем попередження зіткнень. У них наведено принципи роботи бортових та наземних систем попередження зіткнення повітряних кораблів, систему індикації загрози зіткнення.

Особливу увагу приділено виявленню та розв'язанню потенційно конфліктних ситуацій.

Розглянуто способи розв'язання потенційно конфліктних ситуацій залежно від взаємного місцепербування повітряних кораблів, швидкостей та горизонтального й вертикального профілів польоту,

а також наведено технологічні процедури та правила ведення радіотелефонного зв'язку під час радіолокаційної ідентифікації повітряних кораблів, передавання інформації про взаємне місцеперебування та команд на виконання маневру для розв'язання потенційно конфліктних ситуацій

У процесі підготовки навчального посібника використано офіційні документи України, стандарти та рекомендовану практику Міжнародної організації цивільної авіації, рекомендації Європейської організації з безпеки аеронавігації (Євроконтроль), а також результати авторських досліджень.

Для полегшення сприйняття матеріалу подано велику кількість рисунків та схем.

Кожний розділ навчального посібника завершується запитаннями для самоперевірки.

Автори сподіваються, що вивчення та використання викладеного матеріалу буде сприяти підвищенню рівня підготовки спеціалістів з обслуговування повітряного руху.



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ І СКОРОЧЕННЯ

АС УПР	— автоматизована система управління повітряним рухом
БСПЗ	— бортова система попередження зіткнень
БРЛС	— бортова радіолокаційна станція
ВОРЛ	— вторинний оглядовий радіолокатор
ДСК	— декартова система координат
ДП	— динамічна повітряна ситуація
ЗПС	— злітно-посадкова смуга
КЛЕ	— керівництво з льотної експлуатації
КО	— контрольний орієнтир
ЛЗШ	— лінія заданого шляху
ЛПД	— лінія передавання даних
ЛТХ	— льотно-технічні характеристики
М. миля	— морська миля
МШК	— магнітний шляховий кут
ОПР	— обслуговування повітряного руху
ОПРС	— окрема привідна радіостанція
ПВП	— правила візуальних польотів
ПОД	— пункт обов'язкового донесення
ПОРЛ	— первинний оглядовий радіолокатор
ПК	— повітряний корабель
ПКС	— потенційно конфліктна ситуація
ППП	— правила польотів за приладами
ЕОМ	— електронно-обчислювальна машина
НСПЗ	— наземна система попередження зіткнень
РДЦ	— районний диспетчерський центр
РЛК	— радіолокаційний контроль
РЛС	— радіолокаційна станція
РМ	— робоче місце
СПП	— список планів польотів
УПР	— управління повітряним рухом
ФС	— формуляр супроводу
<i>ACAS (Aircraft Collision Avoidance System)</i> — бортова система запобігання зіткненням	
<i>CFL (Cleared flight level)</i> — дозволений рівень польоту	
<i>CPA (Closest Point of Approach)</i> — точка максимального зближення літаків	

CTA (Control Area) — диспетчерський район
CTR (Control Zone) — диспетчерська зона
DMOD (Distance MODification) — зміна відстані
FL (Flight level) — рівень польоту, або у відповідних випадках ешелон польоту
IAS (Indicated Airspeed) — приладова швидкість
ICAO (International Civil Aviation Organisation) — Міжнародна організація цивільної авіації
PANS (Procedures for Air Navigation Services) — правила аеронавігаційного обслуговування
RA (Resolution Advisory) — рекомендація щодо усунення загрози зіткнення
RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum) — скорочений мінімум вертикального ешелонування
STCA (Short Term Conflict Alert) — короткострокове попередження про конфлікт
SL (Sensitivity Level) — рівень чутливості
SSR (Secondary surveillance radar) — вторинний оглядовий радіолокатор
SPI (Special position identification pulse) — спеціальний імпульс визначення місцеперебування повітряного корабля
SUPPS (Regional Supplementary Procedures) — додаткові регіональні правила
TA (Traffic Advisory) — консультативне повідомлення про наявність повітряного руху
TAS (True airspeed) — істинна повітряна швидкість
TCAS (Traffic alert and Collision Avoidance System) — система попередження про рух і запобігання зіткненню повітряних кораблів



ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Авіаційна подія — подія, пов'язана з використанням повітряного корабля, що відбувається з моменту, коли яка-небудь особа піднімається на борт з наміром виконати політ, до моменту, коли всі особи, що перебували на борту, покинули повітряний корабель, і в ході якого:

а) яка-небудь особа одержує тілесне ушкодження зі смертельним результатом або серйозне тілесне ушкодження в результаті:

— перебування в повітряному кораблі, або

— безпосереднього зіткнення з якою-небудь частиною повітряного корабля, включаючи частини, що відділилися від цього повітряного корабля, або

— безпосереднього впливу струменя газів реактивного двигуна; за винятком тих випадків, коли тілесні ушкодження, отримані в результаті природних причин, нанесені самому собі, або нанесені іншими особами, або коли тілесні ушкодження нанесені безквитковим пасажиром, що перебувають поза зонами, куди зазвичай відкритий доступ пасажиром і членам екіпажу, або

б) повітряний корабель одержує ушкодження або відбувається руйнування його конструкції, у результаті чого:

— порушується міцність конструкції, погіршуються технічні або льотні характеристики повітряного корабля, і

— зазвичай потрібен великий ремонт або заміна пошкодженого елемента; за винятком випадків відмови або пошкодження двигуна, коли пошкоджено тільки сам двигун, його капоти або допоміжні агрегати; або коли пошкоджено тільки закінцівки крила, антени, пневматики, гальмівні пристрої, обтічники, або коли в обшивці є невеликі вм'ятини або пробоїни, або

в) повітряний корабель зникає або виявляється в такому місці, де доступ до нього абсолютно неможливий.

Примітка. Повітряний корабель вважається зниклим без звістки, коли були припинені офіційні пошуки й не було встановлене місце перебування уламків.

Бортова система попередження зіткнення (*Airborne collision avoidance system*) — бортова система, що ґрунтується на сигналах вторинної радіолокації, функціонує незалежно від наземного обладнання і повідомляє пілоту про потенційно конфліктну ситуацію з повітряними кораблями, які обладнані приймачами—відповідачами вторинної радіолокації.

Відповідач (*Transponder*) — бортове приймально-передавальне радіолокаційне обладнання, що автоматично передає свій сигнал відразу після отримання сигналу-запиту наземного радіолокатора з будь-якого напрямку.

Відповідь вторинного оглядового радіолокатора (*SSR response*) — візуальна індикація на дисплеї радіолокатора у цифровій формі сигналу від відповідача вторинного оглядового радіолокатора у відповідь на запит.

Візуальні метеорологічні умови (*Visual meteorological conditions*) — метеорологічні умови, виражені у значеннях дальності видимості, відстані до хмар та висоти нижньої межі хмар, що відповідають установленим значенням або перевищують їх.

Власний повітряний корабель — повітряний корабель, оснащений *ACAS*, що здатний відхилитися від траєкторії польоту, *ACAS* якого служить для захисту від можливих зіткнень, і може виконати маневр відповідно до вказівки *ACAS*.

Вторинний оглядовий радіолокатор (*Secondary surveillance radar*) — радіолокаційна система спостереження, яка передає сигнали запитів та приймає у відповідь сигнали бортових відповідачів.

Диспетчерська вказівка (*Air traffic control instruction*) — директива, видана диспетчером повітряного руху пілотові з метою виконання ним відповідних дій.

Дозвіл органу диспетчерського обслуговування повітряного руху (диспетчерський дозвіл) (*Air traffic control clearance*) — дозвіл повітряному кораблю діяти згідно з умовами, встановленими органом диспетчерського обслуговування повітряного руху.

Примітка. Для зручності термін «диспетчерський дозвіл» часто заміняють на скорочений термін «дозвіл АТС» або «дозвіл» у відповідних контекстах.

Диспетчерське обслуговування повітряного руху (*Air traffic control service*) — обслуговування, що надається з метою:

- а) запобігання зіткненням:
 - 1) між повітряними кораблями;
 - 2) повітряних кораблів з перешкодами в зоні маневрування;
- б) прискорення та підтримання впорядкованого потоку повітряного руху.

Диспетчерський район (*Control area*) — контрольований повітряний простір, що простягається вгору від установленої над землею поверхнею межі.

Диспетчерська зона (*Control zone*) — контрольований повітряний простір, що простягається вгору від земної поверхні до встановленої верхньої межі.

Зближення повітряних кораблів. Ситуація, у якій, на думку пілота або персоналу органу обслуговування повітряного руху, відстань між повітряними кораблями, а також їх відносне місцеперебування й швидкість такі, що безпека цих повітряних кораблів може бути поставлена під загрозу. Має таку класифікацію:

Ризик зіткнення. Категорія ситуацій, коли в результаті зближення повітряних кораблів виникала серйозна небезпека зіткнення.

Безпека польоту не гарантувалася. Категорія ситуацій, коли в результаті зближення повітряних кораблів їх безпека могла бути поставлена під загрозу.

Ризику зіткнення не було. Категорія ситуацій, коли в результаті зближення повітряних кораблів не існувало небезпеки зіткнення.

Ризику не визначено. Категорія ситуацій зі зближенням повітряних кораблів, коли брак досить повної інформації не дає змоги визначити існуючий ризик зіткнення, чи не досить переконливі дані або ж наявні дані суперечливі й це не дає змогу визначити ступеня ризику.

Значення RA — RA, передана ACAS II, має значення «вгору», якщо вона передбачає набір висоти або обмеження швидкості зниження, і значення «вниз», якщо вона передбачає зниження або обмеження швидкості набору висоти. Вона може мати одночасно два значення «вгору» і «вниз», якщо вона передбачає обмеження вертикальної швидкості межами встановленого діапазону.

Ешелонування (*Separation*) — інтервал між повітряними кораблями, рівнями або лініями шляху.

Індикація радіолокаційного місця повітряного корабля (*Radar position indication*) — візуальна індикація місця повітряного корабля на радіолокаційному дисплеї у несимволічній та/або в символічній формі, отримана первинним оглядовим та/або вторинним оглядовим радіолокатором.

Інцидент. Будь-яка подія, крім авіаційної, пов'язана з використанням повітряного корабля, що впливає або могла б вплинути на безпеку експлуатації.

Код вторинного оглядового радіолокатора (*Code secondary surveillance radar*) — номер, призначений конкретному сигналу відповіді, переданий відповідачем у режимі A або режимі C.

Контрольований повітряний простір (*Controlled airspace*) — частина повітряного простору, у межах якого забезпечується диспетчерське обслуговування повітряного руху відповідно до встановленої класифікації повітряного простору.

Контрольований політ (*Controlled flight*) — будь-який політ, який виконується за наявності диспетчерського дозволу.

Координаційний запит — запит у режимі *S*, переданий *ACAS II* або *ACAS III*, який містить повідомлення з рекомендацією.

Координаційна відповідь — відповідь у режимі *S*, що підтверджує отримання координаційного запиту приймачем-відповідачем режиму *S*, що є частиною обладнання *ACAS II* або *ACAS III*.

Консультативне повідомлення про наявність повітряного руху (*Traffic Advisory*) — інформація, видавана екіпажу повітряного корабля про те, що певний повітряний корабель-порушник являє собою потенційну загрозу.

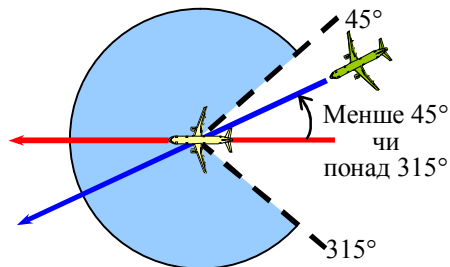
Короткострокове попередження про конфлікт (*Short term conflict alert*) — система, яка забезпечує диспетчера повітряного руху попередженням щоразу, коли вона прогнозує порушення встановлених вертикального або горизонтального інтервалів між повітряними кораблями.

Крейсерський рівень (*Cruising level*) — рівень (ешелон, висота), який підтримується повітряним кораблем протягом значної частини польоту.

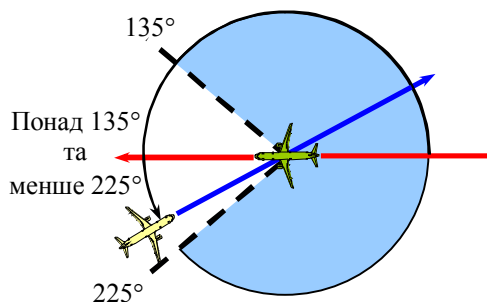
Курс (*Heading*) — напрямок, який вказує поздовжня вісь повітряного корабля, виражений у градусах від північного напрямку (дійсного, магнітного, компасного або умовного).

Лінія шляху. Проекція траєкторії польоту повітряного корабля на поверхню землі, напрямком якої в будь-якій її точці зазвичай виражається в градусах кута, відлічуваного від північного напрямку (істинного, магнітного або умовного меридіанів).

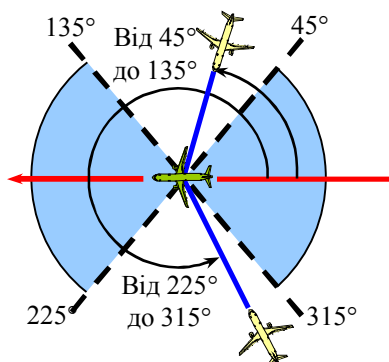
Та сама лінія шляху. Лінії шляху одного напрямку й лінії шляху, що перетинаються, або їх ділянки, кутова різниця яких становить менше 45° або понад 315° і захищені зони повітряного простору яких перекриваються.



Лінії шляху, напрямлені у протилежних напрямках. Лінії шляху протилежного напрямку або лінії шляху, що перетинаються, або їх ділянки, кутова різниця яких становить понад 135° , але менша за 225° і захищені зони повітряного простору яких перекриваються.



Лінії шляху, що перетинаються. Лінії шляху або їх ділянки, крім зазначених у підпунктах вище.



Логічна схема запобігання зіткненням — підсистема або частина *ACAS*, що аналізує дані про повітряний корабель-порушник і власний повітряний корабель, приймає рішення щодо потреби рекомендацій і, у випадку такої потреби, видає рекомендації. Вона виконує такі функції: спостереження за дальністю й абсолютною висотою, виявлення загрози й видача *RA*. Функції спостереження виключаються.

Неідентифікований повітряний корабель (*Unidentified aircraft*) — повітряний корабель, політ якого в районі спостерігається або про політ якого в цьому районі доповідається, але належність якого не встановлено.

Нерадіолокаційне ешелонування (*Non-radar separation*) — ешелонування, за якого інформація про місцеперебування повітряного корабля отримується не від радіолокатора (-ів), а з інших джерел.

Оглядний радіолокатор (*Surveillance radar*) — радіолокаційне обладнання, що використовується для визначення місцеперебування повітряного корабля через дальність та азимут.

Обслуговування повітряного руху (*Air traffic service*) — загальний термін, що означає у відповідних випадках надання таких послуг: польотно-інформаційне обслуговування, аварійне обслуговування, консультативне обслуговування, диспетчерське обслуговування повітряного руху (районне диспетчерське обслуговування, диспетчерське обслуговування підходу або аеродромне диспетчерське обслуговування).

Оцінка рекомендації щодо усунення загрози зіткнення — ефективність виконання маневру, зазначеного *RA*. До моменту скасування нова *RA* може мати кілька послідовних значень. Як тільки видається нова *RA*, попередня *RA* автоматично втрачає силу.

Первинний оглядовий радіолокатор (*Primary surveillance radar*) — радіолокаційна система спостереження, що використовує відбиті радіосигнали.

Повітряний корабель (*Aircraft*) — це літальний апарат, що тримається в атмосфері за рахунок його взаємодії з повітрям, відмінної від взаємодії з повітрям, відбитим від земної поверхні, і здатний маневрувати в тривимірному просторі.

Повітряний корабель-порушник — повітряний корабель, обладнаний приймачем-відповідачем *SSR*, що перебуває в зоні спостереження *ACAS*, для якого *ACAS* має встановлену траєкторію.

Повітряний корабель, що загрожує — повітряний корабель-порушник, що заслуговує особливої уваги або внаслідок його безпосередньої близькості до власного повітряного корабля або у зв'язку з тим, що послідовні вимірювання дальності й абсолютної висоти свідчать про можливе його перебування на курсі зіткнення або небезпечного зближення із власним повітряним кораблем.

Позитивна *RA* — рекомендація з усунення загрози зіткнення, відповідно до якої пілотові рекомендується виконати набір висоти або знижуватися.

Попереджувальна *RA* — рекомендація з усунення загрози зіткнення, відповідно до якої пілотові рекомендується уникати певних відхилень від поточної траєкторії польоту, якщо не потрібно вносити в неї яких-небудь змін.

Повітряний простір ОНР (*Airspace ATS*) — частина повітряного простору з літерним позначенням, у межах якого виконуються певні види польотів (з установленням для цих польотів відповідних видів обслуговування повітряного руху і правил польотів).

Повітряний рух (*Air traffic*) — усі повітряні кораблі, що перебувають у польоті або рухаються у зоні маневрування аеродрому.

Процедурний контроль (*Procedural control*) — загальноприйняте визначення, яке слід розуміти як застосування ешелонування,

що ґрунтується тільки на доповідях про місцеперебування повітряних кораблів, переданих за допомогою зв'язку «повітря—земля».

Радіолокатор (*Radar*) — засіб радіовиявлення, який видає інформацію про дальність, азимут і/або кут місця об'єкта.

Радіолокатор точного заходження на посадку (*Precision approach radar*) — обладнання первинного радіолокатора, що використовується для визначення місця повітряного корабля під час кінцевого заходження на посадку в межах бічного й вертикального відхилень від номінальної частини заходження на посадку та відстані відносно точки приземлення.

Радіолокаційна ідентифікація (*Radar identification*) — ситуація, коли радіолокаційне місцеперебування конкретного повітряного корабля спостерігається на радіолокаційному дисплеї та із впевненістю ідентифіковано диспетчером повітряного руху.

Радіолокаційна карта (*Radar map*) — інформація, що виводиться на радіолокаційний дисплей для забезпечення індикації вибраних даних.

Радіолокаційна точність вимірювання — здатність радіолокатора вимірювати координати й параметри руху об'єктів із заданою похибкою.

Радіолокаційне ешелонування (*Radar separation*) — ешелонування, коли інформацію про місцеперебування повітряного корабля отримано з радіолокаційних джерел.

Радіолокаційне обслуговування (*Radar service*) — термін, що використовується для позначення обслуговування, яке забезпечується за допомогою радіолокатора.

Радіолокаційний диспетчер (*Radar controller*) — кваліфікований диспетчер повітряного руху, що має кваліфікаційну відмітку на право виконувати відповідні функції з використанням радіолокатора (-ів).

Радіолокаційний дисплей (*Radar display*) — електронний дисплей, на якому виведено радіолокаційну інформацію з відображенням місцеперебування та руху повітряного корабля.

Радіолокаційний контакт (*Radar contact*) — ситуація, коли радіолокаційне місцеперебування відповідного повітряного корабля видно та ідентифіковано на радіолокаційному дисплеї.

Радіолокаційний контроль (*Radar control*) — термін, використовуваний для позначення того, що отримані радіолокаційні позиційні дані використовуються безпосередньо для забезпечення диспетчерського обслуговування повітряного руху.

Радіолокаційний моніторинг (*Radar monitoring*) — використання радіолокатора з метою забезпечення повітряних кораблів ін-

формацією та повідомленнями, пов'язаними зі значними відхиленнями від номінальної траєкторії польоту, включаючи відхилення від умов виданих диспетчерських дозволів.

Радіолокаційне наведення (*Radar vectoring*) — забезпечення навігаційного наведення повітряного корабля у формі надання визначеного курсу на підставі використання радіолокатора.

Радіолокаційний орган (*Radar unit*) — підрозділ органу обслуговування повітряного руху, який використовує радіолокаційне обладнання для забезпечення одного чи більше видів обслуговувань.

Радіолокаційний трек місця повітряного судна (*Radar track position*) — екстраполяція місця повітряного корабля комп'ютером на підставі радіолокаційної інформації та використана комп'ютером з метою супроводження цілей.

Районний диспетчерський центр (*Area control center*) — орган, призначений для забезпечення диспетчерського обслуговування контрольованих польотів у диспетчерських районах, що перебувають під його контролем.

Район відповідальності (*Area of responsibility*) — частина повітряного простору, у межах якого тільки один орган обслуговування повітряного руху відповідає за надання обслуговування повітряного руху.

Рівень (*Level*) — загальний термін, що означає положення у вертикальній площині повітряного корабля, який перебуває в польоті, і що означає у відповідних випадках відносну висоту, абсолютну висоту чи ешелон польоту.

Рекомендація щодо усунення загрози зіткненню (*Resolution advisory*) — сигналізація, що видається екіпажу, яка рекомендує:

- а) виконати маневр, спрямований на забезпечення ешелонування щодо всіх повітряних кораблів, які загрожують; або
- б) обмежити маневр для збереження існуючого ешелонування.

Рекомендація щодо запобігання зіткненню — надавана органом обслуговування повітряного руху рекомендація щодо маневрів з метою надання допомоги пілотові в запобіганні зіткненню.

Режим роботи вторинного оглядового радіолокатора (*Mode SSR*) — загальноприйнятий ідентифікатор, пов'язаний з конкретними визначеними сигналами-запитами, що передаються радіолокатором вторинного спостереження. Додатком 10 Чиказької конвенції визначено чотири режими роботи (ВОРЛ): *A*, *C*, *S* та їх комбінація.

Режим A — режим, за якого передбачено отримання інформації про код розпізнавання повітряного корабля.

Режим С — режим, за якого передбачено отримання інформації про барометричну висоту відносно рівня 760 мм рт. ст. повітряного корабля.

Режим S — режим роботи вторинного оглядового радіолокатора, узгоджений з вимогами Міжнародної організації цивільної авіації, за якого передбачено отримання інформації про повітряний корабель за індивідуальним запитом.

Рівень чутливості (*Sensitivity level*) — інтегральний показник, що характеризує набір параметрів, використовуваних алгоритмами *TA*, і алгоритмами запобігання зіткнення, з метою встановлення часу попередження про загрозу зіткнення.

Символ радіолокаційного місця (*Radar position symbol*) — візуальна індикація на радіолокаційному дисплеї місця повітряного корабля у символічній формі, отримана після автоматизованого оброблення отриманих позиційних даних радіолокаторами первинного та/або вторинного спостереження.

Функція попередження про наближення до зон обмеження польотів (*Area Proximity Warning function*) — функція системи, яка забезпечує диспетчера попередженням щоразу, коли вона прогнозує порушення (у межах 2 хв) або у разі порушення (у горизонтальній або вертикальній площині) постійної або тимчасової зони обмеження польотів.

Функція попередження про порушення мінімальної безпечної абсолютної висоти (*Minimum safe altitude warning function*) — функція системи, яка забезпечує диспетчера повітряного руху попередженням щоразу, коли повітряний корабель знижується нижче від мінімальної безпечної абсолютної висоти, яка встановлена для уникнення зіткнення повітряного корабля із землею поверхнею. Система формує попередження тільки до абсолютної висоти прольоту фіксованої точки кінцевого заходження на посадку.

Час попередження — інтервал часу між виявленням потенційної загрози або загрози й моментом найбільшого зближення в умовах, коли жодний повітряний корабель не прискорюється.

Ціль — об'єкт спостереження в радіолокації.





ВСТУП

Проблема безпеки руху повітряних кораблів (ПК) турбує майже кожного, бо натеper літак є швидким і зручним засобом пересування одночасно великої кількості людей як на великі відстані, так і в межах країни. На жаль, не завжди переліт завершується так, як було заплановано. Це відбувається з різних причин, найжахливішою з яких є катастрофа літака, унаслідок якої гинуть люди.

Забезпечення безпеки польотів значною мірою пов'язано з вирішенням завдання попередження зіткнень літаків у повітрі. Нині розв'язання цього завдання повністю покладається на диспетчерську службу системи управління повітряним рухом (УПР).

Порушення норм ешелонування, несвоєчасне виявлення конфліктних ситуацій відбуваються не через навмисне недотримання встановлених правил. Причинами, з яких відбувається порушення норм ешелонування, можна вважати такі:

- ◆ підвищується інтенсивність руху ПК;
- ◆ збільшені швидкості руху ПК, зменшений до мінімуму час на виявлення і визначення загрози зіткнення;
- ◆ перевантаженість органів УПР і радіолокаційних станцій (РЛС);
- ◆ низький рівень організації повітряного руху з боку органів обслуговування повітряного руху (ОПР);
- ◆ недисциплінованість диспетчерського/льотного складу;
- ◆ неналежне спостереження за повітряним простором з боку екіпажу (пілота).

Авіаційні події ніколи не бувають наслідком якої-небудь окремої причини. Зазвичай вони відбуваються в результаті взаємозв'язку декількох різних причин.

Узяті поодиноці ці причини можуть видатися неістотними, але в сукупності з іншими вони здатні встановити послідовність зовні не пов'язаних між собою подій, що призводять до авіаційної події. Таким чином, запобігання зіткненням ПК у повітрі полягає у виявленні та усуненні таких потенційно конфліктних ситуацій (ПКС) до

того, як замкнеться остання ланка в згаданому ланцюзі подій. Останньою ланкою в цьому ланцюзі є людський фактор.

Люди — важливий елемент у процесі ОНР завдяки їхній можливості об'єднувати інформацію та робити висновки.

Найнебезпечнішою є помилка, коли диспетчер інтуїтивно вважає, що ситуація потенційно неконфліктна у той час, як вона насправді є конфліктною. Диспетчер приймає рішення щодо перетинання зайнятого рівня польоту і, як наслідок, відбувається порушення інтервалів. Зрозуміло, що інтуїтивний підхід до вирішення настільки відповідальних завдань в УНР не прийнятний.

Візуальні методи, що використовують під час пілотування літаків, не забезпечують необхідної безпеки польоту, оскільки навіть за хорошої видимості пілоти в ряді випадків виявляють зустрічний літак тоді, коли часу на виконання маневру ухилення залишається недостатньо. Крім того, візуальні методи пов'язані із суб'єктивними помилками визначення дальності до літака, його швидкості та оцінювання ступеня небезпеки зіткнення.

Система УНР через виниклі в процесі управління перевантаження диспетчерського складу і деякі обмеження технічних засобів також не повною мірою забезпечує контроль за витримуванням заданих навігаційних параметрів кожним літаком, що виконує польоти за приладами.

Для вирішення завдання попередження зіткнень ПК за допомогою технічних засобів системі УНР потрібно виконати:

- вимірювання координат місцеперебування і параметрів руху об'єктів за допомогою РЛС;
- прогнозування за допомогою розрахунку можливого положення об'єктів через певний час для виявлення загрози зіткнення (електронно-обчислювальні комплекси);
- інформаційний обмін з об'єктами для сповіщення про небезпеку й координацію їх маневрів з ухилення від зіткнення (лінії зв'язку).

Для підтримання допустимого ризику зіткнень під час зростання інтенсивності повітряного руху, або для зниження його в умовах постійної інтенсивності руху потрібно підвищувати надійність систем навігації та УНР передусім через збільшення надійності технічних засобів цих систем.

Розрахунки показують, що для попередження зіткнень з необхідною надійністю кожен з технічних засобів, використовуваний у цих системах, повинен мати надзвичайно високу надійність, забезпечення якої є досить складним завданням, яке дорого коштує.

Нині для попередження зіткнень вважається технічно й економічно доцільним доповнити систему УПР спеціальною бортовою системою попередження зіткнень (БСПЗ) літаків у повітрі, здатною автономно, незалежно від системи УПР, забезпечити безпечне розходження літаків у разі виникнення загрози зіткнення.

Бортові системи за принципом дії є радіотехнічними системами, що здійснюють вимірювання взаємних координат і параметрів руху об'єктів, що перебувають у навколишньому просторі, розрахунок імовірності виникнення загрози зіткнення й обмін інформацією для формування взаємно координованих команд на маневри ухилення.

Бортові системи дають змогу доповнити систему УПР, підвищивши якість визначення заходів щодо небезпечного зближення. Так, помилкове визначення безпечного зближення може спричинити зіткнення ПК, а помилкове визначення наявності загрози зіткнення призведе до економічних витрат, зумовлених непотрібними маневрами щодо ухилення, а в деяких випадках може ускладнити ситуацію.

Ефективність наземних систем на базі автоматизованих систем можна визначити як гарантійну оцінку ймовірності виявлення потенційно небезпечного зближення ПК.

Необхідно зауважити, що бортова система не реагує на ПК, які не обладнані відповідачами вторинної оглядової радіолокації (ВОРЛ), або якщо такі відповідачі не працюють. У цьому випадку бортові системи не зможуть видати рекомендацій щодо запобігання зіткненням.

Разом наземні та бортові автоматизовані системи забезпечують формування безпечних стандартних дій диспетчера та пілота, потрібних для розташування ПК у межах установлених мінімумів.





1. МНОЖИННА КЛАСИФІКАЦІЯ СИТУАЦІЙ ПОВІТРЯНОГО СТАНУ



1.1. Принципи побудови класифікаторів

Завдання розпізнавання образів полягає у класифікації деякої групи об'єктів на підставі визначених вимог. Об'єкти, які належать до одного й того ж класу образів, мають загальні властивості.

Вимоги, які визначають класифікацію, можуть бути різними, тому що в різних ситуаціях виникає потреба в різних типах класифікацій.

Простий підхід до розпізнавання образів полягає у порівнянні з еталонами. У цьому випадку деяка множина образів, по одному з кожного класу, зберігається у пам'яті машини.

Вихідний (розпізнаваний) образ (невідомого класу) порівнюється з еталоном кожного класу. Класифікація ґрунтується на заздалегідь вибраному критерії відповідності або критерії подібності. Інакше кажучи, якщо вхідний образ краще відповідає еталону *i*-го класу образів, ніж будь-якому іншому еталону, то вхідний образ класифікується як той, що належить *i*-му класу образів.

Більш досконалий підхід полягає у тому, що замість порівняння вхідного образу з еталонами класифікація ґрунтується на деякій множині вибраних замірів, які проводяться на вхідних даних. Ці відібрані заміри, які називають «ознаками», припускаються інваріантними або малочутливими щодо змін, які зазвичай відбуваються й характеризуються невеликою надмірністю. У цьому випадку розпізнавання може складатися з двох завдань.

Перше завдання полягає у визначенні того, які вимірювання потрібно виконати на вхідному образі. Зазвичай вирішувати, що треба вимірювати, є дещо суб'єктивним підходом й залежить від практичних обставин (наприклад, від можливості вимірювати, їх вартість). Критерій відбору ознак, або їх упорядкування ґрунтується на значущості цих ознак для характеристики образів, або на їх впливі на якість розпізнавання (тобто на точність розпізнавання).

Друге завдання розпізнавання образів полягає в класифікації (тобто у прийнятті рішення про належність вхідного образу до того чи іншого класу), що ґрунтується на вимірюваннях відібраних ознак.

Концепцію класифікації образів можна виразити через розбиття простору ознак, або відображення простору ознак у просторі рішень. Припустімо, що вимірюється N ознак кожного вхідного образу. Кожну множину із N ознак можна розглядати як вектор X , який називають вектором ознак (замірів), або як точку в N -вимірному просторі ознак Ω_x . Завдання класифікації полягає у розподілі всіх можливих векторів або точок у просторі ознак за відповідними класами образів. Це можна трактувати як розбиття простору ознак на ділянки, які взаємно перетинаються. Кожна з ділянок відповідає деякому класу образів.

Раніше передбачалося, що рішення про належність розпізнаваного об'єкта ω відповідному класу Ω_i , $i = \overline{1, m}$ приймається після вимірювання всієї сукупності ознак цього об'єкта x_1, \dots, x_N . Однак можливий і інший підхід до розв'язання цієї задачі: після вимірювання кожної чергової ознаки x_i ; x_1, x_2 ; x_1, x_2, x_3 і т. д. включається алгоритм розпізнавання й розв'язується задача розпізнавання на основі даних про виміряні на цей час ознаки невідомого об'єкта. При цьому залежно від результатів порівняння отриманого розв'язку з деякими встановленими заздалегідь межами, або вимірюється чергова ознака об'єкта ω , або припиняється подальше нагромадження інформації про цей об'єкт. Така процедура розв'язання задачі розпізнавання, яку називають послідовною, виникла завдяки одному з розділів статистики — послідовному аналізу.

Послідовне й, отже, багатократне розв'язання задачі розпізнавання з використанням на кожному кроці дедалі зростаючі кількості вимірних ознак особливо доцільне у випадках, коли визначення ознак поєднано з витратами на проведення експериментів, процес нагромадження експериментальних даних потребує багато часу, проведення експериментів пов'язане з певним ризиком, об'єкти ряду класів з їх загальною сукупністю надійно розпізнаються за обмеженою кількістю ознак.

Якщо кількість класів $m > 2$, то послідовна процедура виглядає таким чином. Виходячи з того, які рішення будуть прийматися після розпізнавання невідомих об'єктів, задаються допустимі значення ймовірностей правильних (e_{ii}) та помилкових (e_{ij}) рішень, що дає змогу визначити величини порогів для кожного класу:

$$A(\Omega_i) = \frac{1 - e_{ii}}{\left[\prod_{q=1}^m (1 - e_{iq}) \right]^{1/m}}, \quad i = \overline{1, m}, \quad q \neq i.$$

Нехай у результаті проведення деякої сукупності експериментів визначений вектор ознак розпізнаваного об'єкта $\mathbf{X}_n^0 = \{x_1^0, \dots, x_n^0\}$ і розраховані відношення ймовірностей для кожного класу:

$$\lambda_n(X_n^0 / \Omega_i) = \frac{f_i(X_n^0)}{\left[\prod_{q=1}^m f_q(X_n^0) \right]^{1/m}}.$$

Порівняймо $\lambda_n(X_n^0 / \Omega_i)$ з відповідним порогом $A(\Omega_i)$, $i = \overline{1, m}$. Якщо $\lambda(X_n^0 / \Omega_i) < A(\Omega_i)$, то приймають рішення про те, що $\omega \in \Omega_i$. Якщо наявність апостеріорної інформації про знайдені ознаки об'єкта не дає змогу вилучити всі класи, крім одного, то проводять такий експеримент для визначення ознаки X_{n+1} . Після цього визначають $\lambda_{n+1}(X_{n+1}^0 / \Omega_i)$ і порівнюють з порогом $A(\Omega_i)$. Якщо знову не вдається встановити, що розпізнаваний об'єкт належить саме до цього класу, то приймають рішення щодо проведення чергового експерименту для визначення ознаки x_{n+2} .

Подібну процедуру послідовного знаходження ознак, визначення на кожному кроці коефіцієнта правдоподібності $\lambda_1(X_1^0 / \Omega_1), \dots, \lambda_n(X_n^0 / \Omega_n)$ і порівняння його з порогом $A(\Omega_i)$ проводять доти, доки послідовним вилученням усіх класів, до яких розпізнаваний об'єкт не належить, крім необхідного, не вдається прийняти рішення про належність об'єкта саме до цього класу.

Описаний критерій, хоч і є дещо обережним, часто приводить до високого відсотка правильних розпізнавань завдяки тому, що вилучають лише ті класи, належність до яких найбільш сумнівна.

Процедура класифікації близька до оптимальної у тому розумінні, що середня кількість вимірювань, необхідних для вилучення класу образів з подальшого розглядання, близька до мінімуму, коли розглядаються дві гіпотези (про потребу вилучити цей клас образів та зберегти його).

Загальну блок-схему послідовного розпізнавання показано на рис. 1.1.

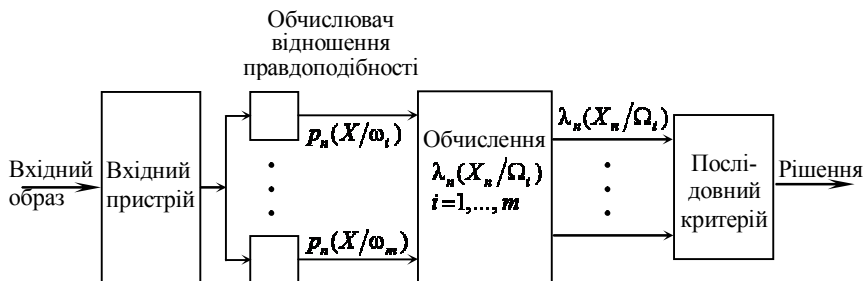


Рис. 1.1. Система послідовного розпізнавання

Виокремимо основні причини вибору багатоальтернативного послідовного правила для перевірки гіпотез правильного віднесення розпізнаваних ситуацій до відповідного класу.

Якщо приймати рішення про перебування ПК в особливій ситуації за поодинокими спостереженнями, або за групою спостережень фіксованого обсягу, то можуть бути допущені похибки класифікації ситуацій, оскільки ПК може перебувати на межі двох небезпечних зон, а отже, буде незрозуміло, до якої з цих зон його віднести. Фактично виникає область відмови для правила розв'язання, що означає потребу в додаткових спостереженнях для впевненої класифікації небезпечної ситуації, які можливі тільки в послідовній процедурі.

Послідовне правило приводить до меншого ризику на відміну від правила з фіксованою тривалістю і наближається до оптимального. Порівняно з невеликою вартістю спостережень середній ризик для послідовного порогового правила мало відрізняється від мінімального ризику. Тому для розпізнавання ситуацій доцільно використовувати багатоальтернативне послідовне правило.

✓ 1.2. Побудова класів ситуацій

Повітряна ситуація залежить від безлічі факторів, що приводять до виникнення широкого спектру класів та проблеми їх класифікації.

Термін *автоматична класифікація* означає застосування обчислювальних методів для побудови системи класів, які можуть бути ієрархічними, або класами, які перетинаються.

З математичного погляду автоматична класифікація на множині I — це розподіл її на визначену кількість не порожніх множин, які попарно перетинаються, або ієрархія гнізд класів, коли множина I розподіляється на кінцеву кількість класів, кожен з яких, у свою чергу, поділяється на підкласи.

Можна використовувати дві концепції класифікації:

- класифікацію як побудову, розподіл або ієрархію класів;
- класифікацію як віднесення елемента до вже визначеної системи класів.

Проблеми класифікації на основі наведених концепцій, ускладнюються поняттям класів, які перекриваються. Множина I поділяється на кінцеву кількість підмножин, які не обов'язково перетинаються. Інакше кажучи, дві підмножини можуть мати спільні елементи для включення однієї в одну.

Основою автоматизації процесу виявлення ситуацій є математичний і логічний аналіз, який дає змогу встановити ймовірність порушення норм ешелонування на основі поточної інформації про повітряну ситуацію. Такий аналіз повітряної ситуації можна виконувати на основі планів польоту ПК, які керуються автоматизованою системою управління повітряним рухом (АС УПР), але цей підхід теж проблемний. Під час польоту ПК його фактичне місцеперебування в будь-який момент часу відрізняється від планового. Ця різниця має випадковий характер. Величина таких випадкових відхилень істотно залежить від тривалості польоту. Серед відхилень від плану польоту особливим є відхилення вздовж маршруту польоту. Якщо відхилення від висоти та від осі маршруту можуть бути легко усунені екіпажем ПК (за умови його справності), то відхилення уздовж маршруту польоту або не можуть бути усунені, або їх усунення пов'язано зі значними економічними втратами через збільшення витрат палива. Ураховуючи ці особливості відхилення, автоматизувати процес виявлення ситуацій на підставі аналізу плану польотів можна лише за умови періодичного коригування плану польотів за часом польоту пунктів маршрутів. Такий підхід обумовлює постійний автоматичний контроль за відхиленнями фактичного місцеперебування ПК від місцеперебування за планом польоту, який може виконуватися, або з періодом, що дорівнює періоду надходження радіолокаційної інформації про повітряну ситуацію, або бути кратним йому.

У практику оцінювання безпеки польотів уведено поняття особливої ситуації, у яку може потрапити ПК під час польоту по маршруту.

Особлива ситуація — це ситуація, яка виникає в польоті в результаті дії несприятливих факторів, або їх поєднання, і яка призводить до зниження безпеки польотів.

Для визначення особливих ситуацій використовують такі критерії:

- погіршення льотно-технічних характеристик (ЛТХ), характеристик стійкості та керованості, міцності й роботи системи;

- збільшення робочого психофізичного навантаження на диспетчера (екіпаж);
- дискомфорт, травматизм або загибель людей, які перебувають на борту ПК.

Розглянемо типи й умови виникнення ситуацій, на які поділяється особлива ситуація. Для цього введемо умовні позначення поточних координат ПК та інших об'єктів у декартовій системі координат (ДСК), які наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Поточні координати ПК та інших об'єктів у ДСК

Об'єкти	ДСК
Поточні координати ПК	x_c, y_c, z_c
Координати контрольних точок на заданій траєкторії	x, y, z
Координати перешкод і зон, не дозволених для польотів	$x_{\pi}, y_{\pi}, z_{\pi}$

Положення ПК відносно заданої траєкторії, величина і напрямок (знак) відхилення визначають у процесі порівняння миттєвих значень поточних координат місцеперебування ПК з координатами контрольної точки на траєкторії польоту, заданої програмою польоту.

Розмір і знак фактичних відхилень від заданої траєкторії польоту в ДСК знаходять із виразів:

$$\Delta x = x_c - x; \quad \Delta y = y_c - y; \quad \Delta z = z_c - z.$$

Виходячи з очікуваної точності контролю й вимог безпеки повітряного руху, задають допустимі значення відхилень від заданої траєкторії, які у ДСК позначають так:

$$\Delta x_0, \quad \Delta y_0, \quad \Delta z_0.$$

Взаємне розташування ПК визначають різницею їхніх координат в обраній системі координат. За умови, що координати ПК відносні, їх взаємне розташування в просторі зони управління визначають, як:

$$\Delta x_c = x_{ci} - x_{ci+1}, \quad \Delta y_c = y_{ci} - y_{ci+1}, \quad \Delta z_c = z_{ci} - z_{ci+1}.$$

На підставі вимог до безпеки польотів задають допустимі значення відстаней між ПК, які можуть бути позначені:

$$\Delta x_{0c}, \quad \Delta y_{0c}, \quad \Delta z_{0c}.$$

Якщо координати перешкод задано, а координати ПК отримано за результатами контролю, положення ПК відносно перешкод у ДСК розраховують таким чином:

$$\Delta x_{\text{п}} = x_{\text{с}} - x_{\text{п}}, \quad \Delta y_{\text{п}} = y_{\text{с}} - y_{\text{п}}, \quad \Delta z_{\text{п}} = z_{\text{с}} - z_{\text{п}}.$$

Виходячи з вимог безпеки повітряного руху, задають мінімальні значення відстаней до перешкод:

$$\Delta x_{0\text{п}}, \quad \Delta y_{0\text{п}}, \quad \Delta z_{0\text{п}}.$$

Отже, за результатами контролю за повітряним рухом у зоні УПР можуть бути встановлені п'ять можливих ситуацій (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Класи ситуацій під час ОПР

Нормальна ситуація — це ситуація, коли немає факторів, які впливають на ПК, екіпаж і людей, які перебувають на його борту.

Вихідними умовами для нормальної ситуації є:

- відхилення об'єктів від розрахункових траєкторій менші або дорівнюють заданим за програмою;
- фактичні дальності до суміжних літаків і найближчих перешкод більші або дорівнюють заданим.

Під час аналізу нормальної ситуації можна визначити такі окремі випадки:

Перший випадок: ПК прямують точно заданими траєкторіями, відхилення від траєкторій дорівнюють нулю і не змінюються в часі (рис. 1.3):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i &= x_i - x_0 = 0; \\ \Delta y_i &= y_i - y_0 = 0; \\ \Delta z_i &= z_i - z_0 = 0. \end{aligned} \right\}$$

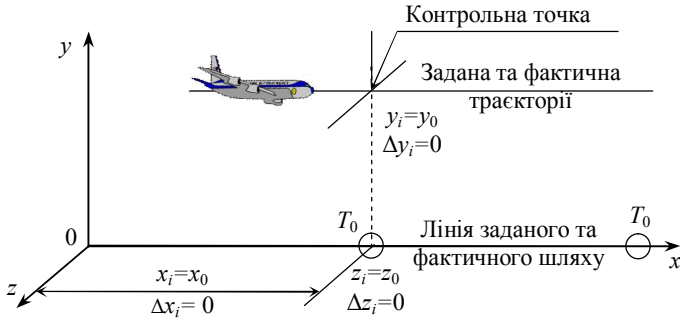


Рис. 1.3. Схема руху ПК точно за заданою програмою

Другий випадок: відхилення від заданої траєкторії не дорівнюють нулю, але менші або дорівнюють допустимим і є постійними (рис. 1.4):

$$\left. \begin{aligned} 0 < \Delta x_i &\leq \Delta x_0; \\ 0 < \Delta y_i &\leq \Delta y_0; \\ 0 < \Delta z_i &\leq z_0. \end{aligned} \right\}$$

Третій випадок: фактичні відстані між суміжними ПК більші або дорівнюють заданим і є постійними (рис. 1.5):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{ci} &= x_{ci+1} - x_{ci} \geq \Delta x_{0c}; \\ \Delta y_{ci} &= y_{ci+1} - y_{ci} \geq \Delta y_{0c}; \\ \Delta z_{ci} &= z_{ci+1} - z_{ci} \geq \Delta z_{0c}. \end{aligned} \right\}$$

Четвертий випадок: дійсні дальності до перешкод більші або дорівнюють заданим і є постійними (рис. 1.6):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{pi} &= x_{ci} - x_{pi} \geq \Delta x_{0pi}; \\ \Delta y_{pi} &= y_{ci} - y_{pi} \geq \Delta y_{0pi}; \\ \Delta z_{pi} &= z_{ci} - z_{pi} \geq \Delta z_{0pi}. \end{aligned} \right\}$$

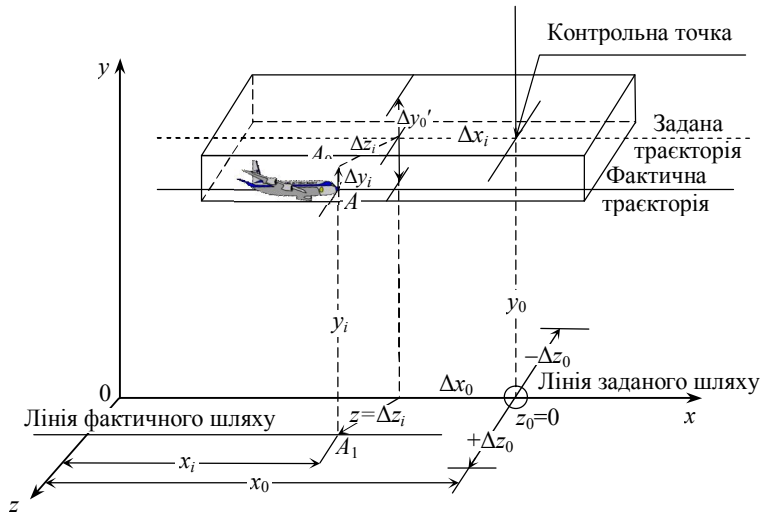


Рис. 1.4. Відхилення від заданої траєкторії, що дорівнюють нулю, або перебувають у допустимих межах

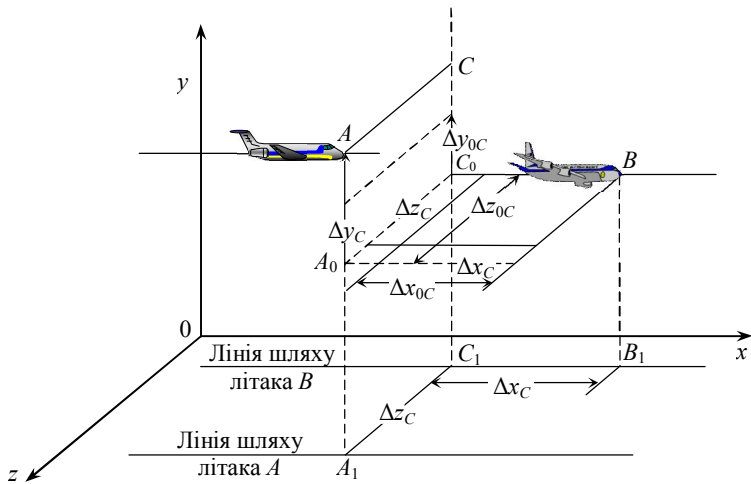


Рис. 1.5. Фактичні відстані між ПК, що більші або дорівнюють заданим і є постійними

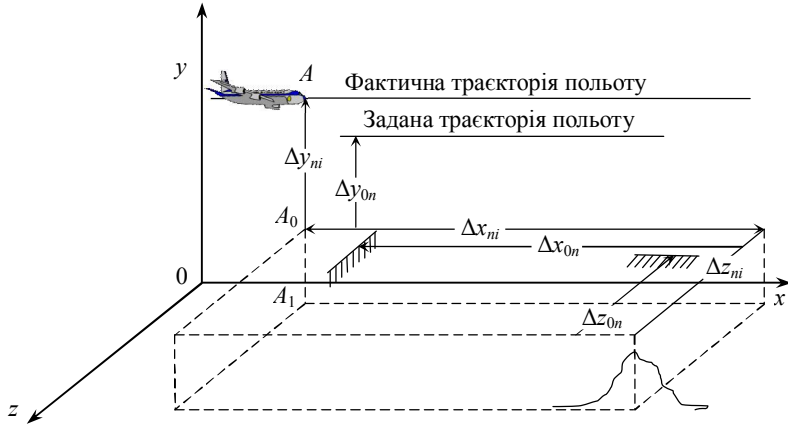


Рис. 1.6. Фактичні відстані до перешкод, що більші або дорівнюють заданим і є постійними

Ускладнення умов польоту — це особлива ситуація, яка характеризується незначним підвищенням психофізіологічного навантаження на диспетчера (екіпаж), або незначним погіршенням характеристик стійкості та керованості або ЛТХ.

Ускладнення умов польоту не зумовлюють негайної потреби, або непередбаченої заздалегідь зміни плану польоту і не перешкоджає його благополучному завершенню.

Вихідними умовами є:

- відхилення ПК від заданих траєкторій по одній або декількох осях координат більші від заданих і постійні в часі;
- дійсні відстані до суміжних літаків по одній або двох осях координат менші від передбачених програмою і незмінні в часі;
- відстань літаків від найближчих перешкод в напрямку польоту або висоті незмінні й менші від заданих.

У процесі аналізу другої ситуації можуть спостерігатися такі окремі випадки:

Перший випадок: ПК прямують з відхиленням від заданої траєкторії по одній з осей координат на постійну величину, більшу за допустиму (рис. 1.7):

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_i \leq \Delta x_0; \\ \Delta y_i \leq \Delta y_0; \\ \Delta z_i > \Delta z_0 = \text{const} \end{array} \right\} \text{ або } \left. \begin{array}{l} \Delta y_i \leq \Delta y_0; \\ \Delta z_i \leq \Delta z_0; \\ \Delta x_i > \Delta x_0 = \text{const.} \end{array} \right\}$$

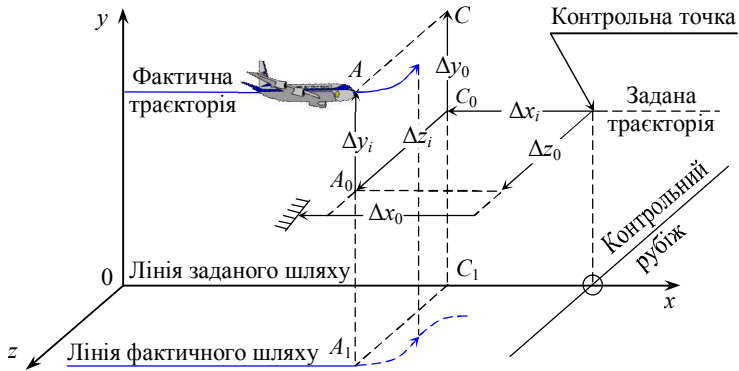


Рис. 1.7. Відхилення від заданої траєкторії, що більші від допустимих по одній осі координат

Другий випадок: ПК рухається з відхиленням від заданої траєкторії по двох осях координат на постійну величину, більшу за допустиму (рис. 1.8):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i &> \Delta x_0 = \text{const} ; \\ \Delta y_i &\leq \Delta y_0 = \text{const} ; \\ \Delta z_i &> \Delta z_0 = \text{const} . \end{aligned} \right\}$$

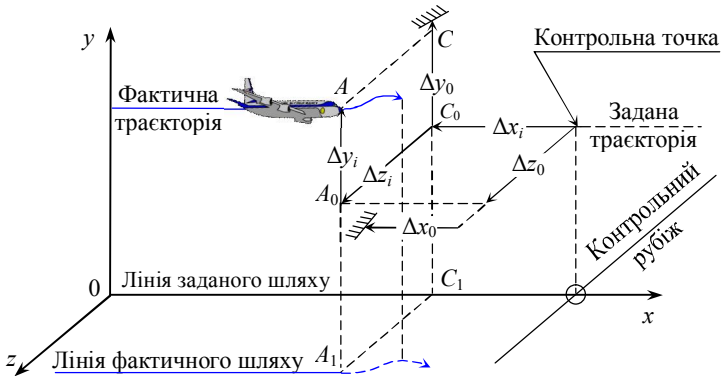


Рис. 1.8. Відхилення від заданої траєкторії, що більші від допустимих по двох осях координат

Третій випадок: відстань між суміжними ПК по одній з осей координат менша від допустимої і постійна (рис. 1.9):

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} \geq \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} \geq \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} < \Delta z_{0C} = \text{const} \end{array} \right\} \text{або} \quad \left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} \geq \Delta x_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} \geq \Delta z_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} < \Delta y_{0C} = \text{const}, \end{array} \right\} \text{або}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta y_{Ci} \geq \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} \geq \Delta z_{0C}; \\ \Delta x_{Ci} < \Delta x_{0C} = \text{const}. \end{array} \right\}$$

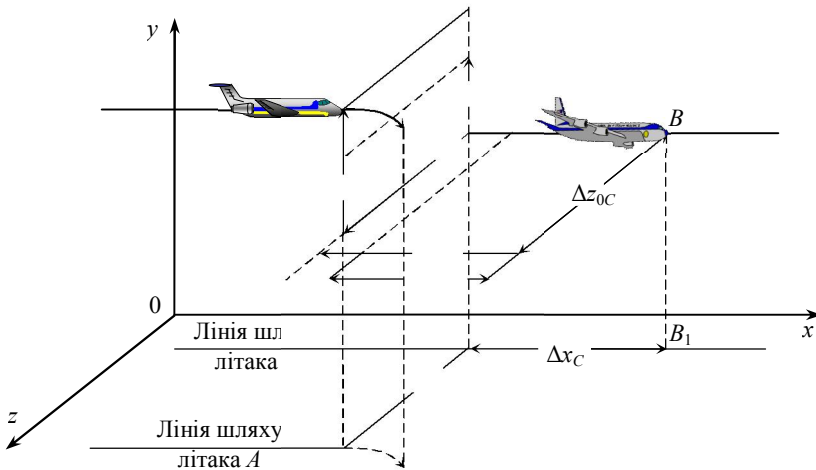


Рис. 1.9. Від
від доп

ПК, що менша
ординат

Четвертий випадок
осей координат менші і

уміжними ПК по двох
пійні (рис. 1.10):

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} \geq \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} < \Delta y_{0C} = \text{const}; \\ \Delta z_{Ci} < \Delta z_{0C} = \text{const} \end{array} \right\} \text{або} \quad \left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} < \Delta x_{0C} = \text{const}; \\ \Delta z_{Ci} < \Delta z_{0C} = \text{const}; \\ \Delta y_{Ci} \geq \Delta y_{0C}, \end{array} \right\} \text{або}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta y_{Ci} < \Delta y_{0C} = \text{const}; \\ \Delta z_{Ci} \geq \Delta z_{0C}; \\ \Delta x_{Ci} < \Delta x_{0C} = \text{const}. \end{array} \right\}$$

П'ятий випадок: відстань ПК від найближчої перешкоди по осі *OZ* менша від допустимої і постійна (рис. 1.11):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{ni} &\geq \Delta x_{0ni} ; \\ \Delta y_{ni} &\geq \Delta y_{0ni} ; \\ \Delta z_{ni} &< \Delta z_{0ni} = \text{const.} \end{aligned} \right\}$$

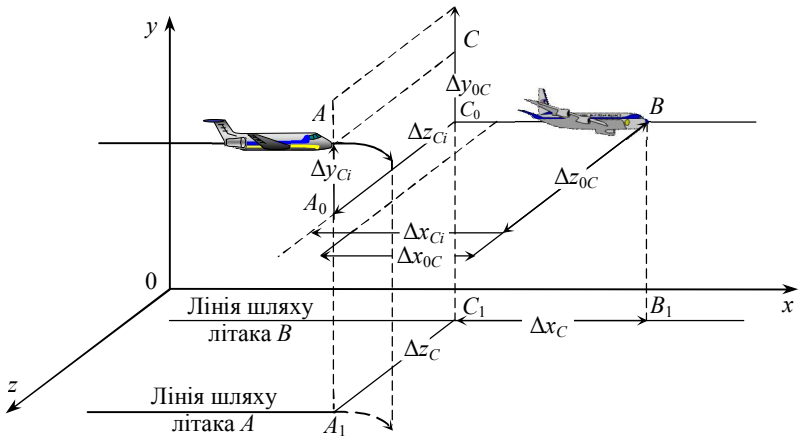


Рис. 1.10. Відстань між суміжними ПК, що менша від допустимої по одній осі координат

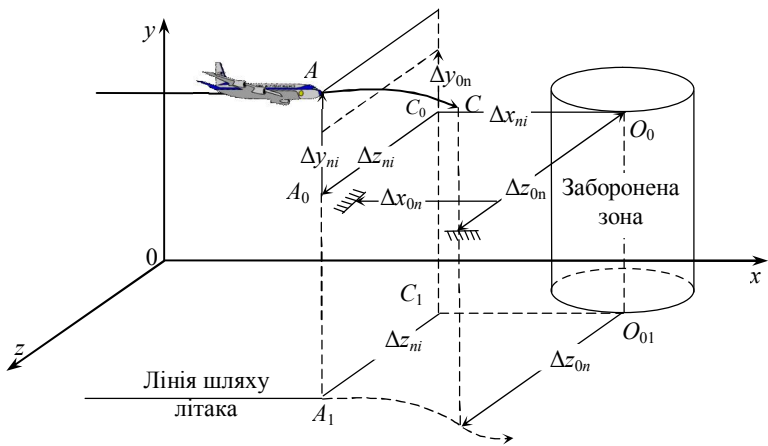


Рис. 1.11. Відстань до перешкод, що менша від допустимих по одній осі координат

Шостий випадок: відстань від найближчих перешкод по осі OY менша від допустимої і постійна (рис. 1.12):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{in} &\geq \Delta x_{0n}; \\ \Delta z_{in} &\geq \Delta z_{0n}; \\ \Delta y_{in} &< \Delta y_{0n} = \text{const.} \end{aligned} \right\}$$

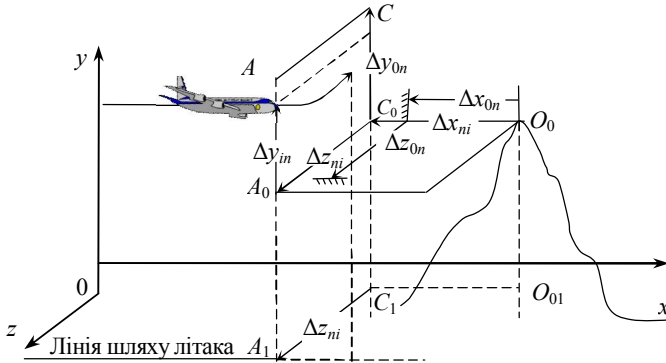


Рис. 1.12. Відстань до перешкод, що менша від допустимої по двох осях координат

Аналізуючи всі шість випадків другої ситуації (див. рис. 1.7 — 1.12), можна дійти висновку, що ні один з них не має безпосередньої загрози конфліктної ситуації.

Дійсно, у першому випадку (див. рис. 1.7), коли бічне відхилення від траси Δz_i більше від заданого, але за відстані до контрольного рубежу Δx_i , меншої від заданої, як правило, не виникає небезпечної ситуації завдяки вертикальному ешелонуванню. У другому випадку (див. рис. 1.8), коли $\Delta z_i > \Delta z_0$ і $\Delta x_i > \Delta x_0$, але $\Delta y_i \leq \Delta y_0$, також необов'язкова поява небезпечної ситуації, оскільки ПК зміщені за дальністю й бічному напрямку на відстані, більші за безпечні. У третьому випадку (див. рис. 1.9) за $\Delta z_{Ci} > \Delta z_{0C}$ конфліктна ситуація не виникає, оскільки ПК перебувають на безпечних інтервалах по осях OX і OY , і навіть у разі зменшення Δx_{Ci} вони розійдуться на безпечному вертикальному інтервалі. У четвертому випадку (див. рис. 1.10), коли $\Delta z_{Ci} > \Delta z_{0C}$ і $\Delta y_{Ci} < \Delta y_{0C}$, безпосередньої небезпеки також немає, оскільки ПК прямують на безпечних дистанціях Δx_{Ci} ; такий випадок звичайний для маршрутів, де ПК рухаються на заданих лінійних або часових дистанціях $\Delta z_{Ci} \approx 0$ і $\Delta y_{Ci} \approx 0$. П'ятий випадок (див. рис. 1.11) не зумовлює небезпечної ситуації, тому що

$\Delta x_{\pi} > \Delta x_{0\pi}$ і $\Delta y_{\pi} > \Delta y_{0\pi}$, але $\Delta z_{\pi} < \Delta z_{0\pi}$. ПК пройде перешкоду на безпечній висоті. У шостому випадку (див. рис. 1.12) за $\Delta x_{\pi} > \Delta x_{0\pi}$ і $\Delta z_{\pi} > \Delta z_{0\pi}$, але $\Delta y_{\pi} < \Delta y_{0\pi}$ небезпечна ситуація не виникає, оскільки перешкода обходить літаком на бічному віддаленні, яке перевищує мінімально безпечне; такі випадки часто спостерігаються, наприклад, під час польотів по колу над аеродромом у гірських районах, коли бічне віддалення до вершини гір, розташованих за межами площі кола, більше за безпечне.

Аналіз другої ситуації показує, що незважаючи на те, що безпосередньої загрози небезпечного зближення немає, продовжувати політ на таких (незмінних) режимах неможливо. У кожному з шести випадків є відхилення від заданої програми польоту по одній або двох осях координат, що може призвести до конфліктної ситуації через якийсь час і неприпустиме відповідно до вихідних умов руху.

Складна ситуація — це особлива ситуація, яка характеризується помітним підвищенням психофізіологічного навантаження на диспетчера (екіпаж), або помітним погіршенням характеристик стійкості та керованості, або виходом одного чи декількох параметрів польоту за експлуатаційні обмеження, але без досягнення граничних обмежень і (або) розрахункових умов. Складну ситуацію можна охарактеризувати такими вихідними умовами: відхилення ПК від контрольних точок або рубежів на заданих траєкторіях більше від допустимих по всіх трьох осях (рис. 1.13):

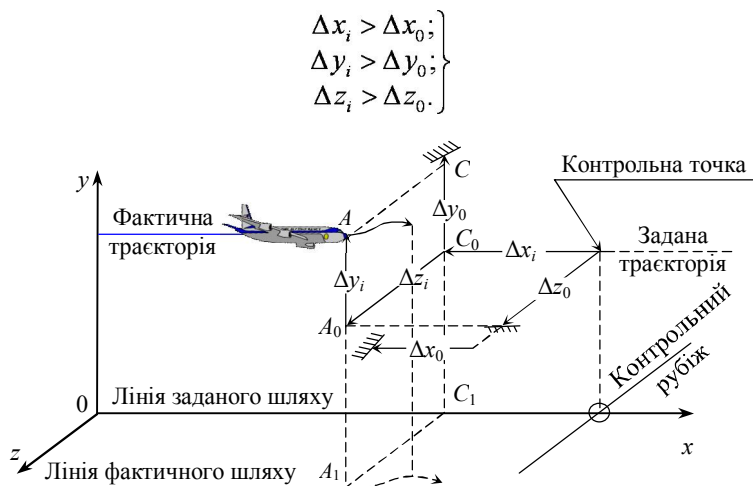


Рис. 1.13. Відхилення польоту по трьох осях координат, що менші від допустимих від заданої траєкторії

Такий випадок може трапитися, наприклад, під час обходу фронтальних хмарних мас, коли літак змушений відхилитися від заданої траєкторії, дальності та висоти:

— відстані між суміжними ПК по всіх трьох осях координат менші від допустимих (рис. 1.14):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{Ci} &> \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} &> \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} &> \Delta z_{0C}. \end{aligned} \right\}$$

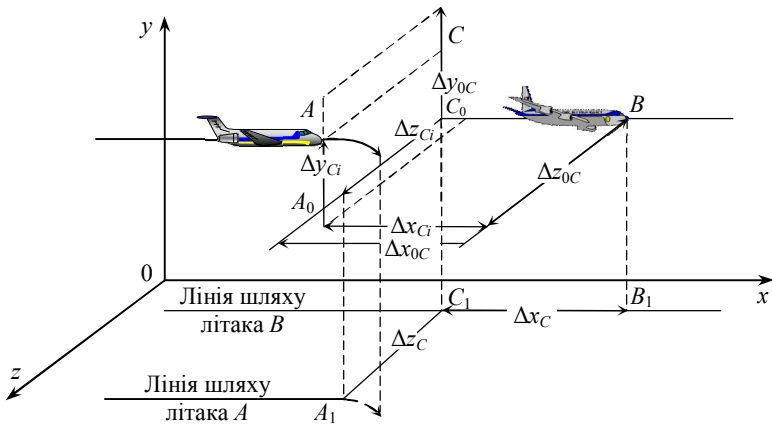


Рис. 1.14. Відхилення польоту по трьох осях координат, що менші від допустимих між суміжними ПК

— відстань ПК від перешкод по трьох осях координат менша за допустиму:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{pi} &> \Delta x_{0pi}; \\ \Delta y_{pi} &> \Delta y_{0pi}; \\ \Delta z_{pi} &> \Delta z_{0pi}. \end{aligned} \right\}$$

Аналізуючи перший випадок складної ситуації, можна зауважити, що він спостерігається за умов:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i &> \Delta x_0; \\ \Delta y_i &> \Delta y_0; \\ \Delta z_i &> \Delta z_0. \end{aligned} \right\}$$

1. Повітряний корабель не витримує заданого часу прольоту контрольних рубежів, вийшов за межі траси і заданого рівня.

2. Умови аварійної ситуації створюються у разі наявності інших ПК в цьому районі.

Аварійна ситуація — це особлива ситуація, яка характеризується: значним підвищенням психофізіологічного навантаження на диспетчера (екіпаж), або значним погіршенням характеристик стійкості (керованості) ЛТХ, або яка призводить до досягнення (перевищення) граничних обмежень і (або) розрахункових умов.

Оцінюючи аварійну ситуацію і формуючи рішення щодо регулювання, аналізують не тільки абсолютні значення відхилень ПК, але й знаки перших похідних від цих відхилень.

Під час аналізу аварійної ситуації можна виокремити випадки, які описуються системою рівнянь:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_i > \Delta x_0; \\ \Delta y_i > \Delta y_0; \\ \Delta z_i > \Delta z_0; \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_i)}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta y_i)}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta z_i)}{dt} < 0. \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} < \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} < \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} < \Delta z_{0C}; \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{Ci})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_{Ci})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta z_{Ci})}{dt} > 0. \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{Умови} \\ \text{небезпечної} \\ \text{ситуації} \\ \text{усуваються} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{III} < \Delta x_{0III}; \\ \Delta y_{III} < \Delta y_{0III}; \\ \Delta z_{III} < \Delta z_{0III}; \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{III})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_{III})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta z_{III})}{dt} > 0. \end{array} \right.$$

Ця ситуація характеризується такими умовами:

– відхилення від заданих траєкторій по осях координат більше від допустимих, але перші їхні похідні — від’ємні, що свідчить про

поступове зменшення відхилень у часі й наближення ПК до програмних траєкторій:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_i > \Delta x_{0i}; \\ \Delta y_i > \Delta y_{0i}; \\ \Delta z_i > \Delta z_{0i}; \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_i)}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta y_i)}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta z_i)}{dt} < 0; \end{array} \right\}$$

– відстані між суміжними ПК і відстань до найближчих перешкод по осях координат менші від допустимих, але їхні перші похідні — додатні, що дає змогу зробити висновок про збільшення цих відстаней в часі й наближення ПК до програмних положень:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} < \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} < \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} < \Delta z_{0C}. \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{Ci})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_{Ci})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta z_{Ci})}{dt} > 0. \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{iii} < \Delta x_{0iii}; \\ \Delta y_{iii} < \Delta y_{0iii}; \\ \Delta z_{iii} < \Delta z_{0iii}. \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{iii})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_{iii})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta z_{iii})}{dt} > 0. \end{array} \right.$$

Аналіз обох варіантів дає змогу зробити висновок: ПК подолали критичні точки і наближаються до програмних траєкторій, що свідчить про поступове усунення умов аварійної ситуації.

Катастрофічна ситуація — особлива ситуація, у разі виникнення якої запобігти загибелі людей і (або) втраті літака стає майже неможливим.

До катастрофічної ситуації належать: небезпечне зближення ПК у польоті; потрапляння ПК у небезпечні для польоту метеорологічні умови та у заборонені зони.

Катастрофічні ситуації, які виникають під час польоту, можуть бути описані такою системою рівнянь:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_i < \Delta x_0; \\ \Delta y_i < \Delta y_0; \\ \Delta z_i < \Delta z_0, \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_i)}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_i)}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta z_i)}{dt} > 0. \end{array} \right. \\
 \\
 \left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} > \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} > \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} > \Delta z_{0C}, \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{Ci})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta y_{Ci})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta z_{Ci})}{dt} < 0. \end{array} \right. \\
 \\
 \left. \begin{array}{l} \Delta x_{III} > \Delta x_{0III}; \\ \Delta y_{III} > \Delta y_{0III}; \\ \Delta z_{III} > \Delta z_{0III}, \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{III})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta y_{III})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta z_{III})}{dt} < 0. \end{array} \right.$$

Неминуча
небезпечна
ситуація

Катастрофічна ситуація характеризується такими умовами:

– відхилення від заданої траєкторії по осях координат менші від допустимих, але їхні перші похідні свідчать про безупинне збільшення відхилень у часі:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_i < \Delta x_0; \\ \Delta y_i < \Delta y_0; \\ \Delta z_i < \Delta z_0, \end{array} \right\} \text{але} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_i)}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_i)}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta z_i)}{dt} > 0. \end{array} \right.$$

– відстань між суміжними ПК і відстань до найближчих перешкод по осях координат більші від допустимих, але їхні перші похідні — від’ємні; за цієї умови відстані між ПК та їх відстані до перешкод безупинно скорочуються, що неминуче веде до виникнення конфлікту:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{Ci} > \Delta x_{0C}; \\ \Delta y_{Ci} > \Delta y_{0C}; \\ \Delta z_{Ci} > \Delta z_{0C}; \end{array} \right\} \text{але} \left. \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{Ci})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta y_{Ci})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta z_{Ci})}{dt} < 0. \end{array} \right\},$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x_{ni} > \Delta x_{0n}; \\ \Delta y_{ni} > \Delta y_{0n}; \\ \Delta z_{ni} > \Delta z_{0n}; \end{array} \right\} \text{але} \left. \begin{array}{l} \frac{d(\Delta x_{ni})}{dt} > 0; \\ \frac{d(\Delta y_{ni})}{dt} < 0; \\ \frac{d(\Delta z_{ni})}{dt} < 0. \end{array} \right\}$$

За результатами аналізу встановлено, що в зоні управління утворилася небезпечна ситуація для одного або декількох ПК.

З наведених визначень класів особливої ситуації видно, що тільки в одній ситуації — катастрофічній — однозначно визначено її наслідки — авіаційна подія за термінологією Міжнародної організації цивільної авіації (*International Civil Aviation Organisation — ICAO*). Результатами інших ситуацій можуть бути як інциденти, так і причини виникнення авіаційних інцидентів. Сформовані класи ситуацій є тим необхідним базисом, на основі якого можна забезпечити класифікацію загроз в аеронавігаційній системі.



1.3. Класифікація потенційно конфліктних ситуацій під час управління повітряним рухом

Класифікація основних оперативних завдань диспетчера за типом потенційно конфліктних ситуацій (ПКС) цілком правомірна, оскільки конфліктні ситуації становлять сутність, «цвях» оперативного завдання і для оперативного мислення не менше значущі, ніж проблемні ситуації у процесі творчого мислення. Як відомо, теорія мислення розглядає проблемну ситуацію як поштовх, початкову ланку розумового процесу. Будь-яка проблемна ситуація характеризується кількістю та якісним складом елементів, їх цінністю й просторовим розташуванням. Під час розгляду класифікації ПКС необхідно з'ясувати сам термін *потенційно конфліктна ситуація*, як виникає, чим небезпечна і яким чином варто управляти повітряним рухом у разі наявності такої ситуації.

Під ПКС розуміють таке взаємне розташування ПК, коли невтручання диспетчера обов'язково призведе до небезпечного зближення між ними. Конфліктна ситуація — передбачене зближення ПК у просторі й часі, коли порушуються певні мінімуми ешелонування.

Пошук конфліктної ситуації — обчислення й порівняння розрахункових траєкторій польоту двох або більше ПК з метою визначення конфліктної ситуації. Усунення конфліктної ситуації — визначення можливих траєкторій польоту, що виключають конфліктні ситуації, і вибір однієї з цих траєкторій для використання.

Виявлення й розв'язання ПКС є одним із найважливіших завдань під час УПР, суть якого полягає в забезпеченні й витримуванні безпечних інтервалів між ПК, що перебувають під управлінням у зоні. Конфліктна ситуація може бути реальною, або настільки близькою за часом до реальної, що диспетчер повинен негайно приймати рішення щодо її попередження. Саме конфліктні ситуації є одним з основних критеріїв навантаження на авіадиспетчера.

Грунтуючись на досвіді диспетчерів, необхідно відзначити, що ПКС сприймаються диспетчерами як їх просторове сприйняття повітряної ситуації. У зв'язку з цим запропонована класифікація дає змогу охопити всі можливі варіанти розташування конфліктуючих ПК у просторі. Під час класифікації типів ПКС враховують взаємне розташування, профіль польоту (режими) і курс (напрямок польоту) руху конфліктуючих ПК.

Серед можливих конфліктних ситуацій, що виникають під час УПР, можна виокремити такі:

1. Об'єкти рухаються паралельно навздогін один одному. Може відбутися зіткнення, якщо вони перебувають на одному рівні польоту й відстань між ними менша від установлених норм ешелонування. Таку конфліктну ситуацію паралельних об'єктів називають догоном (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Потенційно конфліктна ситуація під час руху ПК на попутних треках

2. Об'єкти рухаються назустріч один одному по одному маршруту. Це ситуація зустрічних об'єктів (рис. 1.16).



Рис. 1.16. Потенційно конфліктна ситуація під час руху ПК на зустрічних треках

Перша, четверта та шоста ситуації найчастіше трапляються в практиці УПР. Третя ситуація майже не трапляється й заслуговує на увагу лише тому, що диспетчер зобов'язаний знати, що в разі її виникнення необхідно негайно розвести ПК по різних рівнях польоту. Друга й п'ята ситуації виникають рідше. Під час виникнення кожної з таких ситуацій потрібно визначити, чи конфліктна вона, і якщо конфліктна, то розвести ПК.

3. Об'єкти рухаються маршрутами, які перетинаються, і тому виникає можливість їх зіткнення в якій-небудь висотній точці. Це ситуація об'єктів, що перетинаються (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Потенційно конфліктна ситуація під час руху по треках, що перетинаються

Усі шість ситуацій виникають у районах перетинання маршрутів і мають практичну значущість для роботи диспетчера. Найпростіша і найчастіше трапляється третя ситуація, коли обидва ПК прямують у горизонтальному польоті. Інші ситуації трапляються рідше, але їх треба вирішувати безпомилково.

4. Узагальнена ситуація, у якій беруть участь більше двох об'єктів.



Запитання для самоперевірки

1. Наведіть визначення терміна *авіаційна подія*.
2. Наведіть основні причини, з яких порушуються норми ешелонування.
3. У чому полягає завдання розпізнавання образів?
4. Наведіть визначення терміна *особлива ситуація*.
5. Наведіть критерії, використовувані для визначення особливих ситуацій.
6. Наведіть визначення терміна *нормальна ситуація*.
7. Що є вихідними умовами для нормальної ситуації?
8. Наведіть визначення терміна *ускладнення умов польоту*.
9. Що є вихідними умовами для ускладнення умов польоту?
10. Наведіть визначення терміна *складна ситуація*.
11. Що є вихідними умовами для складної ситуації?
12. Наведіть визначення терміна *аварійна ситуація*.
13. Якими умовами характеризується аварійна ситуація?
14. Наведіть визначення терміна *катастрофічна ситуація*.
15. Якими умовами характеризується катастрофічна ситуація?
16. Що можна вважати катастрофічною ситуацією?
17. Які конфліктні ситуації можна виділити під час УПР?
18. Наведіть класифікацію ПКС під час руху ПК на попутних треках.
19. Наведіть класифікацію ПКС під час руху ПК на зустрічних треках.
20. Наведіть класифікацію ПКС під час руху ПК на треках, що перетинаються.
21. У якому класі ситуацій можна однозначно визначити її наслідки?
22. До якого класу потрібно віднести ситуацію, коли відхилення ПК від заданої траєкторії не дорівнюють нулю, але менші від допустимих, або дорівнюють їм і є постійними?





2. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІЙНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ



2.1. Розрахунок часу і місця розходження повітряних кораблів під час польотів по одному маршруту

Під час польотів двох ПК на зустрічних рівнях по одному маршруту диспетчера УПР цікавлять момент часу та місце їх розходження. У разі польоту двох ПК на попутних рівнях — у випадку, якщо більш швидкісний ПК летить другим, диспетчера цікавлять момент часу і місце, коли другий ПК дожене перший ПК. Ці завдання диспетчер розв'язує на базі інформації, що характеризує політ ПК (швидкості, курсу і місцеперебування кожного ПК, напрямку і швидкості вітру на маршруті).

Політ повітряних кораблів на зустрічних рівнях

Для розв'язання поставленого завдання диспетчер повинен знати: магнітний шляховий кут (МШК — γ_m) ділянки маршруту, контрольованої диспетчером; відстань між контрольними орієнтирами (КО) $S_{КО}$; швидкості ПК, що виконують політ на зустрічних рівнях, V_{11} , V_{12} ; вітер у районі ділянки траси δ і U ; кут вітру β ; моменти часу прольоту першим ПК КО1 і другим ПК КО2 відповідно T_1 і T_2 .

Обчислення місця розходження ПК, що задається у вигляді відстані $S_{розх}$ від КО, і моменту розходження $T_{розх}$ охоплює такі кроки:

1. Визначають еквівалентний вітер U_e та шляхові швидкості ПК відповідно W_1 і W_2 :

$$U_e = U \cos \beta_e; \quad (2.1)$$

$$\beta_e = \gamma_m - \delta; \quad (2.2)$$

$$W_1 = V_{11} + U_e; \quad (2.3)$$

$$W_2 = V_{12} + U_e. \quad (2.4)$$

2. Розраховують шлях, пройдений першим ПК до моменту прольоту КО другим ПК:

$$S_{пр} = W_1(T_2 - T_1).$$

3. Визначають початкову дистанцію між ПК:

$$D_{\text{поч}} = S_{\text{ко}} - S_{\text{пр}}.$$

4. Визначають момент часу розходження ПК:

$$t_{\text{розх}} = \frac{D_{\text{поч}}}{W_1 + W_2};$$

$$T_{\text{розх}} = T_2 + t_{\text{розх}}.$$

5. Розраховують відстань точки розходження від контрольних орієнтирів КО1 і КО2:

$$S_{\text{розх1}} = S_{\text{пр}} + W_1 t_{\text{розх}};$$

$$S_{\text{розх2}} = S_{\text{пр}} + W_2 t_{\text{розх}}.$$

Політ повітряних кораблів на попутних рівнях

Для розв'язання поставленого завдання диспетчер повинен знати: МШК ділянки траси; відстань між контрольними орієнтирами $S_{\text{ко}}$; швидкості ПК, що виконують політ на попутних рівнях V_{i1} , V_{i2} ; моменти часу прольоту першим і другим ПК КО1 відповідно T_1 і T_2 . Причому V_{i2} має бути більшою від V_{i1} .

Обчислення місця і моменту, коли другий ПК дожене перший ПК охоплює такі кроки:

1. Визначають еквівалентний вітер U_e і шляхові швидкості літаків W_1 і W_2 (за формулами (2.1) — (2.4)).

2. Початкову дистанцію між літаками визначають так:

$$D_{\text{поч}} = S_{\text{пр}}.$$

3. Визначають момент часу, коли другий ПК дожене перший ПК, $T_{\text{дог}}$:

$$t_{\text{дог}} = \frac{D_{\text{поч}}}{W_2 - W_1};$$

$$T_{\text{дог}} = T_2 + t_{\text{дог}}.$$

4. Розраховують точку, у якій другий ПК дожене перший ПК, від КО1:

$$S_{\text{дог}} = W_2 t_{\text{дог}}.$$

✓ 2.2. Розрахунок мінімальних відстаней для початку маневрування повітряними кораблями

Розмір районів (зон) УПР і час перебування ПК під управлінням диспетчерів районних диспетчерських центрів (РДЦ) дають змогу застосовувати в них усі види регулювання руху ПК більш ефективно, ніж в інших зонах управління.

Перетинання зайнятих рівнів польоту рекомендується виконувати після розходження ПК, особливо під час польотів на зустрічних курсах. У цьому випадку цілком виключається можливість зближення і забезпечуються встановлені безпечні інтервали ешелонування. Однак у ряді випадків на практиці застосовують спосіб перетинання зайнятих рівнів польоту (зустрічного і попутного) у режимі зниження (набирання) на встановлених інтервалах поздовжнього ешелонування до розходження ПК. У цих випадках диспетчер зобов'язаний визначити мінімальну відстань між ПК у момент їх перебування на суміжних рівнях польоту, на яких може бути розпочато маневрування щодо перетинання зайнятого рівня із заданим режимом зниження або набирання висоти.

Під час сходження двох ПК, що виконують політ на одному рівні різними маршрутами у точку їх перетинання, диспетчер повинен проаналізувати можливість розходження ПК на встановлених інтервалах ешелонування.

Установивши на основі аналізу повітряної ситуації необхідність регулювання руху ПК, диспетчер повинен виконувати відповідні розрахунки.

Розрахунок мінімальної відстані для початку маневрування повітряними кораблями під час перетинання рівня польоту, зайнятого іншим повітряним кораблем

Суть задачі полягає в такому: у момент початку маневрування T_1 між ПК, що маневрує (набирає висоту або знижується), і ПК, що летить на зустрічному (попутному) рівні, має бути відстань $S_{н.м.}$, що забезпечує безпеку їх розходження.

Задачу можна розв'язати окремо для зустрічного і попутного рівнів. У момент перетинання зустрічного рівня T_2 , зайнятого іншим ПК, між ПК повинен бути мінімальний інтервал поздовжнього безпечного ешелонування $S_{без.}$

Відповідно до рис. 2.1 мінімальну відстань для початку маневру визначають за формулою

$$S_{н.м.} = S_{збл.} + S_{без.}$$

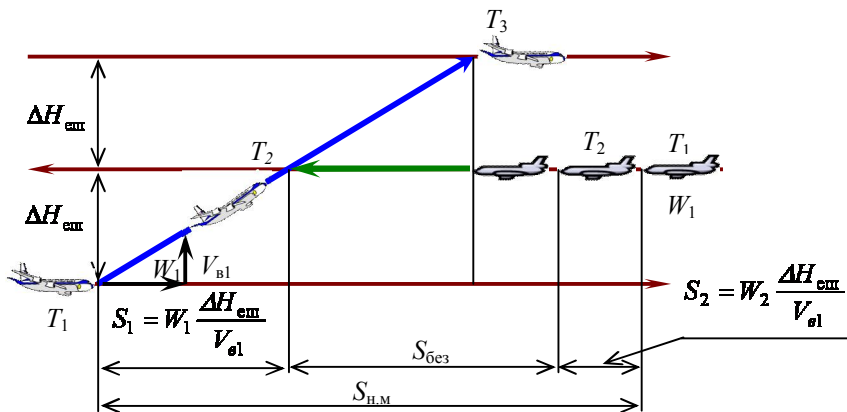


Рис. 2.1. Визначення $S_{н.м}$ під час перетинання зустрічного рівня польоту

Відстань, на яку зближаться ПК за час виходу ПК, що маневрує, на зайнятий рівень:

$$S_{збл} = \frac{\Delta H_{еш}}{V_B} (W_1 + W_2),$$

де $\Delta H_{еш}$ — інтервал вертикального ешелонування; V_B — вертикальна швидкість ПК, що маневрує; W_1 , W_2 — шляхові швидкості відповідно першого і другого ПК.

Під час передачі команди на виконання маневрування щодо перетинання заданого рівня диспетчер повинен збільшити відстань $S_{н.м}$ на виправлення $S_{р.з}$, що враховує тривалість сеансу радіозв'язку та осмислювання команди екіпажем.

У разі перетинання зустрічного рівня виправлення $S_{р.з}$ залежить від сумарної швидкості W_1 і W_2 та визначається з виразу:

$$S_{р.з} = \begin{cases} 5 \text{ км, якщо } W_1 + W_2 \leq 600 \text{ км/год;} \\ 10 \text{ км, якщо } 600 \text{ км/год} < W_1 + W_2 \leq 1200 \text{ км/год;} \\ 15 \text{ км, якщо } W_1 + W_2 > 1200 \text{ км/год.} \end{cases} \quad (2.5)$$

Під час перетинання попутного рівня, зайнятого іншим ПК, може бути два випадки маневрування: до моменту обгону другим ПК першого ПК та після обгону другим ПК першого ПК.

Елементи маневрування ПК у випадку перетинання рівня до моменту обгону другим ПК першого ПК показано на рис. 2.2.

Відстань $S_{н.м}$ розраховують за формулою

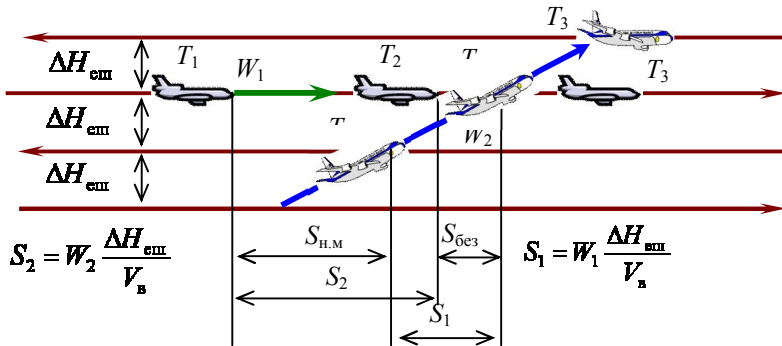


Рис. 2.3. Визначення $S_{н.м}$ під час перетинання попутного рівня після обгону другими ПК першого ПК

Регулювання інтервалу розходження управлінням швидкістю та рівнем польоту

Цю задачу розв'язують у випадку, якщо інтервал фактичного розходження двох ПК, що летять на одному рівні, менший від мінімального необхідного інтервалу.

Регулювання руху ПК направлено на збільшення фактичного інтервалу розходження і досягається зміною висоти польоту ПК, або шляхової швидкості одному чи обом ПК. Метою є визначення швидкостей ПК після їх коригування.

Процес розв'язання включає три етапи: розрахунок фактичного інтервалу розходження ПК у точці перетинання трас (маршрутів), визначення необхідного інтервалу розходження ПК, вибір рішення щодо необхідності регулювання руху ПК.

Розрахунок фактичного інтервалу розходження ПК виконують у такій послідовності:

1. Визначають час польоту (у хвиликах) кожного ПК від точки перетинання трас (маршрутів):

$$t_1 = \frac{S_1}{W_1} 60; \quad t_2 = \frac{S_2}{W_2} 60,$$

де S_1, S_2 — відстані від точки перетинання трас відповідно першого і другого ПК, км.

2. Знаходять фактичний часовий інтервал розходження ПК:

$$\Delta t = |t_1 - t_2|.$$

3. Визначають лінійний інтервал розходження ПК (у кілометрах). Відзначимо, що незалежно від того, який ПК виходить у точку перетинання першим (більш чи менш швидкісний), найменший інтервал розходження ПК буде в той момент, коли в точці перетинання трас перебуває більш швидкісний ПК. З цього випливає, що мінімальну відстань між ПК (фактичний лінійний інтервал розходження ПК) обчислюють за швидкістю менше від швидкісного ПК:

$$d_{\text{розх}} = \frac{\Delta t W_{\text{м}}}{60}.$$

Шляхову швидкість, меншу за швидкісний ПК, визначають з виразу

$$W_{\text{м}} = \begin{cases} W_1, & \text{якщо } W_1 \leq W_2; \\ W_2, & \text{якщо } W_1 > W_2. \end{cases}$$

Заданий інтервал розходження ПК розраховують за формулою:

$$d_{\text{зед}} = S_{\text{без}} + S_{\text{р.з}},$$

де $S_{\text{без}}$ — мінімальний безпечний інтервал.

Виправлення $S_{\text{р.з}}$ визначають за формулою (2.5) під час перетинання зустрічного рівня і виразом (2.6) під час перетинання попутного рівня.

Рішення щодо потреби регулювати рух ПК, що летять у точку перетинання маршрутів, приймають шляхом порівняння фактичного лінійного інтервалу розходження ПК із заданим:

а) якщо $d_{\text{розх}} \geq d_{\text{зад}}$, то досить тільки проконтролювати витримування ПК у встановленому режимі польоту;

б) якщо $d_{\text{розх}} < d_{\text{зад}}$, то диспетчер зобов'язаний застосувати один з видів регулювання руху ПК і забезпечити розходження ПК на встановленому інтервалі $d_{\text{зад}}$, по можливості забезпечуючи регулярність польотів.

Для регулювання руху ПК необхідно визначити різницю необхідного і фактичного інтервалів розходження ПК:

$$\Delta d = d_{\text{зед}} - d_{\text{розх}}.$$

Тоді необхідна зміна швидкості:

$$\Delta V = \Delta d / t_1.$$

Час польоту до точки перетинання ПК, що проходить її першим:

$$t_1 = \begin{cases} t_1, & \text{якщо } t_1 \leq t_2; \\ t_2, & \text{якщо } t_1 > t_2. \end{cases}$$

На отриману величину ΔV потрібно зменшити швидкість ПК, що виходить у точку перетинання другим, тобто:

якщо $t_1 \leq t_2$, то $W_3 = W_1 - \Delta V$; $W_4 = W_2$;

якщо $t_1 > t_2$, то $W_3 = W_1$; $W_4 = W_2 - \Delta V$.

Тут W_3 і W_4 відповідно швидкості першого і другого ПК після коригування. Якщо величина ΔV велика, можна замінити на $\Delta V/2$ швидкості обох літаків (менш швидкісного ПК на мінус $\Delta V/2$, більш швидкісного на плюс $\Delta V/2$), якщо це не виходить за межі можливостей ПК.

✓ 2.3. Прогнозування та аналіз розвитку конфліктних ситуацій

Найчастіше конфліктні ситуації в польоті ПК виникають у режимі набирання (зниження) до заданого рівня під час перетинання зайнятого рівня польоту, а також при сходженні ПК, що летять на одному рівні в місцях перетинання маршрутів.

Розглянемо основні випадки виникнення конфліктних ситуацій.

Випадок 1. За менш швидкісним ПК вилітає більш швидкісний. Обидва ПК прямують одним маршрутом з набиранням крейсерських рівнів польоту (рис. 2.4).

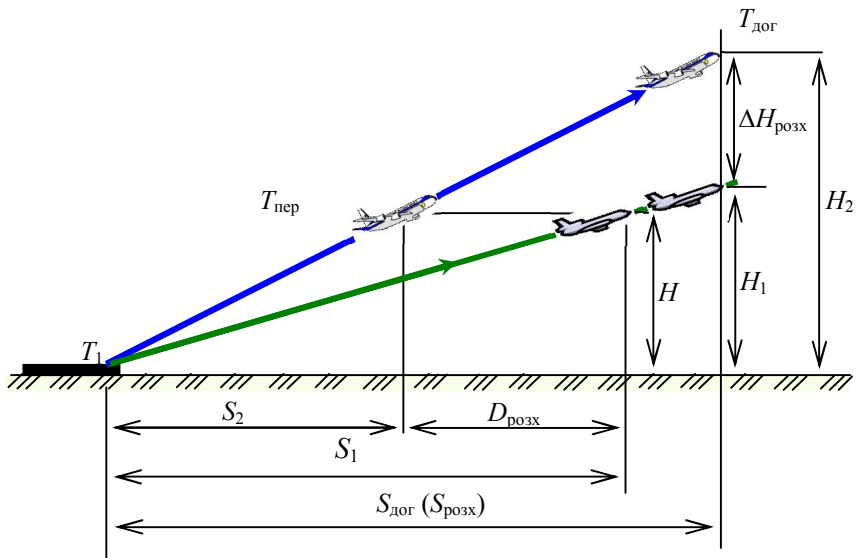


Рис. 2.4. Розходження ПК під час польоту одним маршрутом

Уведемо такі позначення: S_1 — відстань першого ПК від аеродрому вильоту в момент перетинання його рівня польоту другим ПК; S_2 — відстань другого ПК від аеродрому вильоту в момент перетинання його рівня польоту першим ПК; $d_{\text{розх}}$ — лінійний інтервал розходження ПК у момент перетинання другим ПК рівня, зайнятого першим; H_1, H_2 — висоти польоту ПК у момент розходження; $\Delta H_{\text{розх}} = H_2 - H_1$ — інтервал за висотою між ПК у момент розходження; $S_{\text{дор}}$ — відстань ПК від аеродрому вильоту в момент розходження.

Уважається, що швидкості ПК визначені, тобто відомі: $V_{\text{в1}}, W_1$ — вертикальна й шляхова швидкості першого ПК; $V_{\text{в2}}, W_2$ — вертикальна й шляхова швидкості другого ПК.

Визначимо різницю швидкостей розглянутих ПК:

$$\begin{aligned}\Delta V_{\text{в}} &= V_{\text{в2}} - V_{\text{в1}}, \\ \Delta W &= W_2 - W_1.\end{aligned}$$

Залежно від співвідношення між величинами $V_{\text{в1}}/\Delta V_{\text{в}}$ і $W_1/\Delta W$ можливі такі варіанти розходження ПК:

а) якщо $\frac{V_{\text{в1}}}{\Delta V_{\text{в}}} < \frac{W_1}{\Delta W}$, рівень, зайнятий першим ПК, перетинається до його обгону другим ПК;

б) якщо $\frac{V_{\text{в1}}}{\Delta V_{\text{в}}} > \frac{W_1}{\Delta W}$, рівень, зайнятий першим ПК, перетинається після обгону другим ПК;

в) якщо $\frac{V_{\text{в1}}}{\Delta V_{\text{в}}} = \frac{W_1}{\Delta W}$, відбувається небезпечне зближення ПК.

Розрахуємо елементи, що характеризують процес розходження ПК:

$$t_{\text{пер1}} = \left(\frac{V_{\text{в1}}}{\Delta V_{\text{в}}} + 1 \right) \Delta t; \quad t_{\text{пер2}} = \left(\frac{V_{\text{в1}}}{\Delta V_{\text{в}}} \right) \Delta t,$$

де Δt — часовий інтервал зльоту ПК і проходження його за маршрутом; $t_{\text{пер1}}$ — час польоту першого ПК до моменту перетинання його рівня польоту другим ПК; $t_{\text{пер2}}$ — час польоту другого ПК до моменту перетинання рівня польоту, зайнятого першим ПК;

$$S_1 = W_1 t_{\text{пер1}}; \quad S_2 = W_2 t_{\text{пер2}};$$

$$t_{\text{дор1}} = \left(\frac{W_1}{\Delta W} + 1 \right) \Delta t;$$

$$t_{\text{пер}} = \frac{H_{\text{вп}}}{V_{\text{в1}}};$$

$$\Delta H_{\text{розх}} = H_{\text{вп}} - H_{\text{розх}};$$

$$S_{\text{пер}} = W_1 t_{\text{пер}}; \quad S_{\text{розх}} = W_1 t_{\text{розх}}; \quad d_{\text{розх}} = S_{\text{розх}} - S_{\text{пер}}.$$

Випадок 3. Повітряний корабель з меншою швидкістю після зльоту набирає заданий рівень, другий ПК виконує політ на попутному рівні (рис. 2.6).

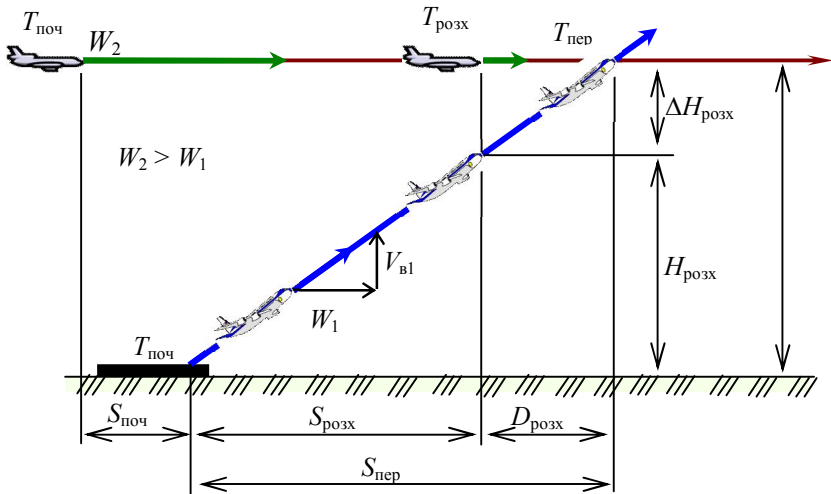


Рис. 2.6. Розходження ПК під час перетинання попутного рівня польоту

Умови, що визначають три варіанти розходження ПК, зазначено у випадку 2. Елементи, що характеризують процес розходження ПК, розраховують за такими формулами:

$$t_{\text{розх}} = \frac{S_{\text{поч}}}{W_2 - W_1}; \quad t_{\text{пер}} = \frac{H_{\text{вп}}}{V_{\text{в1}}};$$

$$H_{\text{розх}} = V_{\text{в1}} t_{\text{розх}}; \quad \Delta H_{\text{розх}} = H_{\text{вп}} - H_{\text{розх}};$$

$$S_{\text{пер}} = W_1 t_{\text{пер}}; \quad S_{\text{розх}} = W_1 t_{\text{розх}};$$

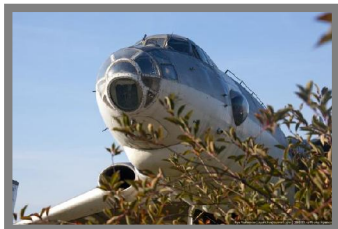
$$d_{\text{розх}} = S_{\text{пер}} - S_{\text{розх}}.$$



Запитання для самоперевірки

1. Яким чином визначають еквівалентний вітер U_e ?
2. Яку інформацію потрібно знати диспетчеру під час розрахунку безпечної відстані розходження ПК під час польоту на зустрічних рівнях?
3. Наведіть приклад розрахунку мінімальної відстані для початку маневрування ПК під час перетинання рівня польоту, зайнятого іншим ПК.
4. Яким чином розраховують відстань, на яку зближаться ПК за час маневрування під час польоту на зустрічних треках?
5. Укажіть значення виправлення $S_{p,3}$ під час перетинання зустрічного рівня.
6. Як регулюють інтервал розходження ПК управлінням швидкістю?
7. Яким чином розраховують відстань, на яку зближаться ПК за час маневрування під час польоту на попутних треках?
8. Укажіть значення виправлення $S_{p,3}$ під час перетинання попутного рівня.
9. Наведіть приклад розрахунку часу і місця розходження ПК під час польотів по одному маршруту на зустрічних рівнях.
10. Наведіть приклад розрахунку часу і місця розходження ПК під час польотів по одному маршруту на попутних рівнях.
11. Від яких факторів залежить час набирання ПК заданого рівня польоту?
12. Наведіть визначення терміна *рівень польоту*.
13. Наведіть визначення терміна *та сама лінія шляху*.
14. Наведіть визначення терміна *лінії шляху, протилежно напрямлені*.
15. Наведіть послідовність визначення безпечної відстані початку маневрування у випадку, коли перший ПК після зльоту набирає заданий рівень польоту, а другий ПК виконує політ на зустрічному рівні.





3. НАЗЕМНІ СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ

✓ 3.1. Виявлення конфлікту та процеси його розв'язання

Методи витримування ешелонування між ПК у теперішній системі повітряного простору побудовано на основі структурованих маршрутів та розвинених процедур.

Для початку потрібно мати чітке визначення конфлікту. *Конфлікт* — випадок, через який між двома або більше ПК спостерігається порушення мінімумів ешелонування. Інакше кажучи, відстані між ПК порушують певні критерії, які розглядаються як небажані. Прикладом такого критерію є мінімум горизонтального ешелонування — 10 км, або не менше 300 м вертикального ешелонування. Результат — захищена зона чи повітряний простір, у якому перебуває кожен ПК, куди не можна залітати іншим ПК. Захищену зону також можна визначити як набагато менший регіон (наприклад, сфера з діаметром у 100 м). У будь-якому випадку основні функції системи попередження про конфлікт є подібними, хоча певні моделі та межі попереджень виглядають по-різному.

Методи для автоматизації виявлення та розв'язання конфліктів у повітрі вирізняються:

- інформацією про місцеперебування ПК;
- моделлю динамічного розповсюдження;
- межею виявлення конфлікту;
- розв'язанням суперечностей;
- характеристикою маневрів та управління багатьма конфліктами ПК (парними та глобальними).

Автоматизовані системи застосовують як у кабінах ПК, так і на землі для підтримання прийняття рішень та як систему аварійного сповіщення конфлікту в повітрі. Ці системи використовують сенсорні дані для попередження конфліктів між ПК і попередження людей про ймовірність конфлікту, а також можуть надавати команди та вказівки для розв'язання конфлікту. Відносно прості попере-

дживачі конфліктів були й залишаються частиною автоматизації УПР протягом багатьох років, а БСПЗ, установлена на ПК, забезпечує екіпаж сигналізацією про небезпеку зіткнення (рис. 3.1).

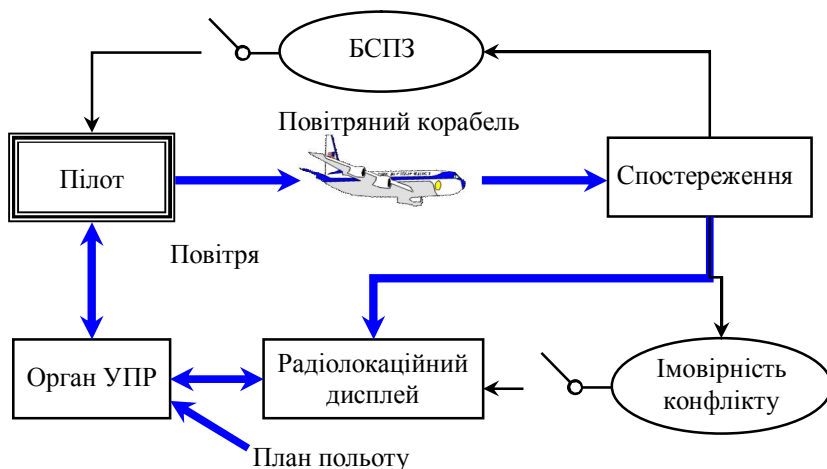


Рис. 3.1. Повітряні та наземні компоненти виявлення та розв'язання конфлікту (жирні лінії показують номінальні напрямки управління, тонкі лінії — автоматизований контроль)

Постійно зростає інтерес до розвитку досконаліших інструментів автоматизації виявлення конфліктів та допомоги щодо їх розв'язання. Ці інструменти можна використовувати у технологіях майбутнього, таких як канали зв'язку інформації текучого плану польоту, збільшення безпеки та надавання новим процедурам можливості вдосконалення ефективності повітряного потоку.

Удосконалені бортові системи виявлення та розв'язання конфліктів також розглядаються як більш стратегічні альтернативи. Зі зростанням насиченості повітряного простору виникає потреба у впровадженні цих типів інструментів для допомоги операторам в обробці більших обсягів перевезень та покращення ефективності потоку.

Виявлення потенційно конфліктних ситуацій

Метою системи виявлення та попередження про конфлікт є передбачення, що в майбутньому може виникнути конфлікт, повідомлення про помічений конфлікт оператору та, у деяких випадках, допомога щодо його розв'язання. Ці три фундаментальні процеси

можуть бути організовані в декілька стадій чи елементів, як показано на рис. 3.2. До таких систем також входять системи попередження зближення із землею.

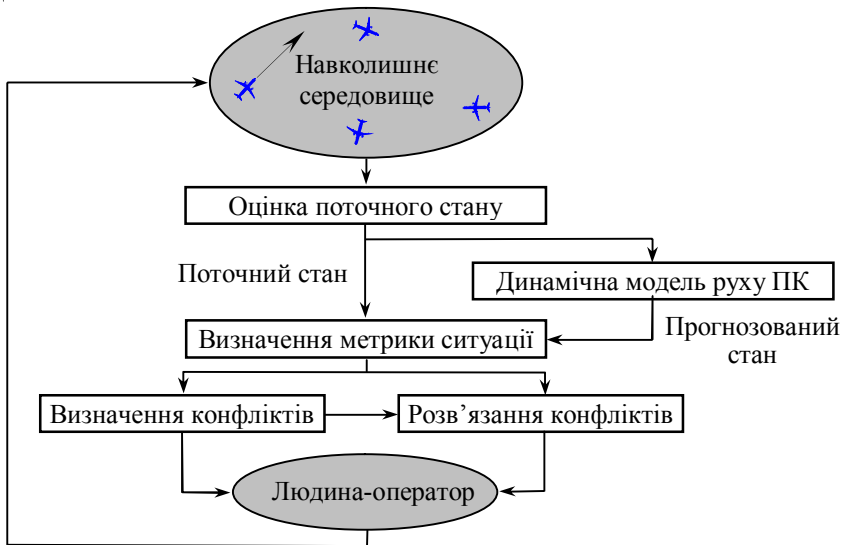


Рис. 3.2. Процеси виявлення та розв'язання конфлікту

Згідно з рис. 3.2 середовище руху спочатку має бути перевірено, а відповідну інформацію зібрано й розповсюджено за допомогою датчиків та зв'язного обладнання. Ці стани інформації забезпечують оцінку поточної ситуації (наприклад, місцеперебування ПК та його швидкість). Динамічну модель траєкторії призначено для проектування розвитку подій з метою передбачення виникнення конфлікту. Це проектування може ґрунтуватися винятково на поточному стані інформації (наприклад, на прямолінійній екстраполяції поточного вектора швидкості), або на додатковій процедурній інформації (плані польоту). Як і з поточною інформацією, так і для розрахунку майбутньої траєкторії існують деякі невизначеності.

Інформація про поточний та передбачений стани може бути об'єднана, щоб отримати вихідні величини для прийняття рішення щодо упорядкування повітряного руху. У деяких випадках вихідні величини включають мінімальне ешелонування або розрахований час до найближчої точки. Беручи до уваги те, що поточне та передбачене положення можуть бути розраховані окремо для кожного ПК, вихідні величини для виявлення конфлікту потребують певного поєднання між різними ПК.

Ураховуючи вихідні величини конфлікту, дискретне рішення виконують для того, щоб визначити, чи є ситуація потенційно конфліктною, і чи потрібно вдаватися до деяких дій для підтримання ешелонування. Не всі передбачені конфлікти потребують певних дій. Наприклад, конфлікт може бути передбачений, але в досить далекому майбутньому, або він може бути малоімовірним, тому попереджувати екіпаж ПК і виконувати будь-які дії щодо розв'язання такої ПКС немає сенсу.

Стадія розв'язання ПКС, показана на рис. 3.2 як окремий блок, потребує виконання певних розрахунків, моделі вирішення траєкторії польоту та критеріїв прийняття рішення, які можуть бути відмінними від використовуваних для виявлення ПКС.

Кожна фаза як виявлення конфлікту, так і його розв'язання може бути автоматизована чи оброблена вручну за допомогою певних процедур. Наприклад, візуальні правила польотів покладають відповідальність за запобігання зіткненню на пілота, який повинен візуально аналізувати навколишню обстановку (виявляти конфлікт) і в разі виникнення загрози виконати дії для вирішення конфлікту. Відповідно до правил польотів за приладами авіадиспетчер здійснює ешелонування між ПК, використовуючи радіолокаційний контроль (РЛК).

Коли конфлікти не розв'язує безпосередньо диспетчер або пілот, інформація про розв'язання конфлікту автоматично надається системою попередження та запобігання зіткненням ПК (*Traffic alert and Collision Avoidance System — TCAS*).

Виявлення ПКС можна сприймати як процес прийняття рішення про час виконання дії, а розв'язання ПКС — як саме цю дію треба виконати. Проте завжди не зрозуміло, як відділити виявлення ПКС від її розв'язання.

Категоризація підходів до виявлення конфліктних ситуацій

Усі моделі виявлення та розв'язання конфліктів можна систематизувати за шістьма головними конструктивними параметрами, які описано детальніше нижче, хоча між моделями є й інші відмінності (їх тут не наведено). Проте слід пам'ятати, що модель, яка здається простою згідно із запропонованою схемою категоризації, може бути значно складнішою, ніж будь-яка очевидно складна модель.

Простіше кажучи, дві моделі можуть бути ідентичними, якщо їх порівнювати за шістьма характерними особливостями, які розглянуто в посібнику, і водночас можуть бути досить різними у використанні чи довершеності.

Відтворення місцеперебування. Виявлення та розв’язання конфліктів можуть бути настільки надійними, наскільки надійно можна передбачати майбутнє місцеперебування ПК. Виділяють три головні методи екстраполяції:

- номінальний (рис. 3.3,*а*);
- найгіршого випадку (рис. 3.3,*б*);
- імовірності (рис 3.3,*в*).

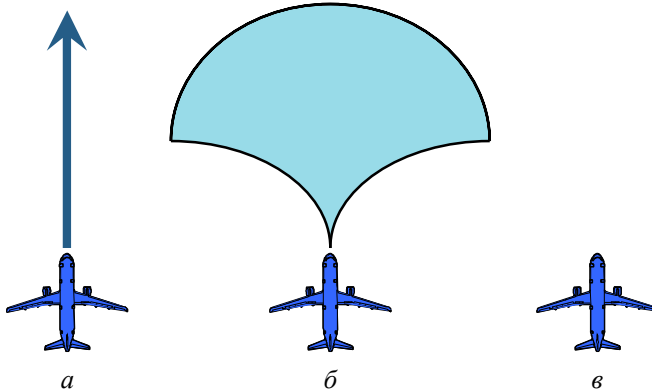


Рис. 3.3. Методи екстраполяції:

а — номінальний; *б* — найгіршого випадку; *в* — імовірності

У *номінальному методі* поточне місцеперебування проектується по єдиній траєкторії без аналізу невизначеностей (сумнівів). Прикладом цього може бути екстраполяція місцеперебування ПК за його поточним вектором швидкості. Метод номінальної проекції простий і найкращий для визначення місцеперебування ПК згодом, спираючись на поточну інформацію про його місцеперебування. У випадках, коли передбачити траєкторію ПК дуже просто (у разі проектування декількох хвилин наперед), модель номінальної траєкторії може бути досить точною. Номінальні проекції не беруть до уваги випадків, коли ПК може поводити себе не як передбачалося, — фактор, який особливо важливий для виявлення довготривалих конфліктів. У цілому ця невизначеність регулюється введенням буфера безпеки, мінімальною пройденою відстанню або часом до найближчої точки зближення, з якої конфлікт буде виявленим.

Метод найгіршого випадку означає, що ПК може виконувати будь-які маневри. Якщо будь-який з цих маневрів може спричинити конфлікт, то цей конфлікт можна передбачити. Метод найгіршого випадку є консервативним, оскільки конфлікт виявляється щоразу за його найменшої можливості.

За методом імовірності змінні ситуації моделюються для того, щоб описати потенційні варіації майбутньої траєкторії ПК.

Імовірнісний підхід забезпечує можливість балансування між застосуванням моделі єдиної траєкторії та рядом маневрів у разі найгіршого випадку. Перевагою ймовірнісного підходу є те, що рішення може бути виконано на основі головної ймовірності конфлікту. Водночас можна оцінювати безпеку та рівень хибних тривог. Також імовірнісний метод найпоширеніший в АС УПР.

Номінальна модель та модель найгіршого випадку — підмножини ймовірнісних траєкторій. Номінальна траєкторія відповідає випадку, коли літак буде прямувати по заданій (найімовірнішій) траєкторії з імовірністю 1. Модель найгіршого випадку відповідає випадку, коли літак буде виконувати політ по будь-якій траєкторії з однаковою ймовірністю.

Площини місцеперебування. Показують, чи інформація про положення, яка використовується в моделі, включає лише горизонтальну або вертикальну площину, чи обидві площини. Більшість моделей покривають тривимірний простір або горизонтальну площину. Деякі моделі можуть бути легко розширені для покриття додаткового простору.

Виявлення конфлікту. Деякі моделі не можуть чітко розмежувати передбачену конфліктну та неконфліктну ситуації. Моделі, які призначені не для виявлення конфлікту, головним чином можуть стосуватися способів вирішення конфлікту. Моделі, які призначені для виявлення конфлікту, можуть використовувати дуже прості критерії для визначення існування конфлікту (існує чи не існує конфлікт), або можуть потребувати складних логічних кроків (існує чи не існує конфлікт, відстань між ПК у момент початку конфлікту).

Розв'язання конфлікту. Показує метод, за допомогою якого можливе розв'язання конфлікту. Бажано використовувати рекомендовані маневри, завдяки яким диспетчер/екіпаж може натренуватися виконувати їх автоматично. Це може зменшити час відповіді, коли виникає конфлікт. Хоча установлені маневри менш ефективні, ніж маневри, які встановлюються в режимі реального часу. У багатьох конфліктах необхідно адаптувати маневри для уникнення конфліктних ситуацій для врахування неочікуваних явищ у навколишньому середовищі. Для зменшення ризикості маневру конфлікт потрібно розв'язувати якомога простіше.

Маневри для уникнення конфліктних ситуацій. Для розв'язання конфліктних ситуацій можливі такі маневри:

- поворот;
- вертикальні маневри;
- зміна швидкості.

У деяких випадках маневри можуть бути поєднані. У цілому забезпечення більшої кількості вимірювань маневрування дає змогу розв'язувати конфлікт більш успішно. Однак виконання такого маневру додає навантаження на екіпаж ПК та вимагає більшого контролю з боку диспетчера, що збільшує робочу завантаженість.

Мультиплікативний конфлікт. Мультиплікативний конфлікт описує, як модель спрацьовує в ситуації з більш ніж двома ПК. Проблему можна розв'язувати двома способами: *попарним*, у якому багатократні потенційні конфлікти розв'язують послідовно в парах, та *глобальним*, у якому повну ситуацію руху перевіряють одночасно.

У реальному середовищі руху необхідно, щоб диспетчер виявляв і розв'язував конфлікти, які включають більше ніж два ПК. У попарному способі, якщо один розв'язок конфлікту спричиняє новий конфлікт, перший розв'язок може змінюватися доти, доки конфлікт не буде розв'язаний. Глобальне вирішення розглядає більш ніж один ПК. Наприклад, розглянемо ситуацію, зображену на рис. 3.4.

Згідно з рис. 3.4, *а* ПК зліва ідентифікує загрозу в деякій заздалегідь установлений час перед зіткненням і намагається набрати висоту або знизитися. Жодне рішення не є допустимим, оскільки призводить до конфлікту з іншим ПК. Відповідно до рис. 3.4, *б* для того щоб безпечно розв'язувати конфлікт, глобальний спосіб розв'язання розглядає всі три загрози ПК одночасно та визначає, що маневр набору висоти або зниження має розпочатися раніше, ніж базовий час порога.

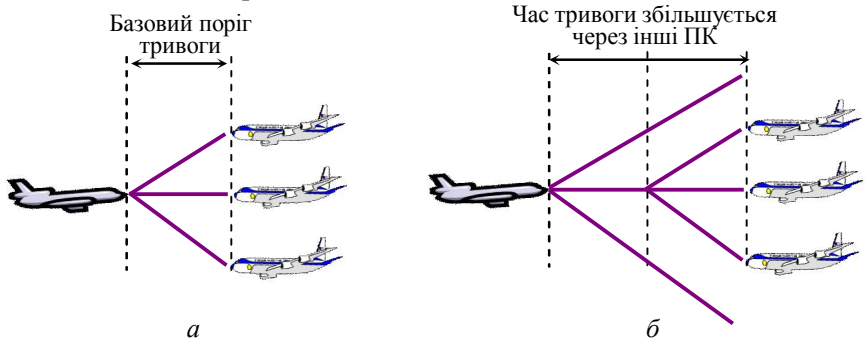


Рис. 3.4. Виявлення та розв'язання конфлікту за великої кількості ПК:
а — спосіб розв'язання парами; *б* — глобальний спосіб розв'язання

Аналіз положень, які використовуються в системі виявлення і розв'язання конфліктів, важливий тому, що ці положення показують засоби, за допомогою яких система спостерігає за навколишнім середовищем. Деякі методи системи виявлення і розв'язання

конфліктів використовують спрощені положення, які зменшують вимоги до датчика, але збільшують упевненість, з якою визначення конфлікту, або визначення роздільної здатності можуть бути виконані. Інформація, яка стосується ПК, крім поточної позиції та вектора швидкості (наприклад, запрограмований план польоту), буде цінна в стратегічному виявленні конфлікту. Таку інформацію можна використовувати, щоб краще моделювати майбутню траєкторію ПК, і тому приймати правильніші рішення.

Координація розв'язань конфліктів між ПК має дві вигоди. *По-перше*, потрібна величина маневрування для певного ПК може бути зменшена, коли два ПК спільно маневрують, порівняно з випадком, у якому маневрує тільки один ПК. *По-друге*, координація допомагає впевнитися, що ПК не рухається в напрямку, який може продовжити або посилити проблему. Однак координація може збільшити робочу завантаженість диспетчера або пілота через необхідність контролювати зміни в повітряному русі водночас.

✓ 3.2. Автоматизація процесів попередження зіткнень

Головним питанням упровадження наземних систем попередження диспетчера про виникнення небезпеки зіткнення ПК є питання розроблення алгоритму пошуку, виявлення й сигналізації про динамічну повітряну ситуацію (ДПС) і ситуацій, розвиток яких приводить до зіткнення.

Найефективнішим способом підвищення рівня безпеки польотів з використанням АС УПР є підвищення рівня автоматизації шляхом виконання важливої функції — видачі сигналів попередження диспетчерові процедурного управління та диспетчерові РЛК про небезпеку зіткнення у процесі безпосереднього УПР.

Для реалізації цих функцій в АС УПР потрібно виконувати аналіз результатів прогнозування розвитку ДПС на основі ідентифікації її стану через оброблення даних планів польоту для випадку попередження диспетчера процедурного управління. Так само потрібно аналізувати прогноз розвитку ДПС за результатами оброблення радіолокаційних вимірювань для випадку попередження диспетчера радіолокаційного управління.

Сучасний рівень розвитку наземної системи попередження зіткнень (НСПЗ) найбільше характеризується роботами з упровадження в АС УПР алгоритмів, що дають змогу вирішувати сукупність завдань з оброблення радіолокаційних вимірювань для формування сигналів попередження диспетчера радіолокаційного контролю про небезпеку зіткнення. Цей напрям повністю збігається з підходом,

відповідно до якого АС УПР розвивається через нарощування кількості автоматизованих за допомогою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), операцій. Структура програмного забезпечення, побудованого на базі створеного математичного забезпечення, зазвичай включає чотири функціональні блоки: первісної обробки, фільтрації, прецизійних обчислень і підготовки даних для сигналізації.

Блок первісної обробки дає змогу визначити поточне та екстрапольоване значення висоти польоту кожного із супроводжуваних АС УПР ПК. При цьому визначається також і швидкість змінювання висоти і для ПК, не обладнаних бортовими відповідачами. Тут же визначаються висоти ПК на підставі даних про проектні (номінальні) значення набору-зниження для кожного ПК і заданих диспетчером висот польоту для кожного із ПК.

У блоці *фільтрації* виділяються тільки ті ПК, які є потенційними генераторами небезпечного зниження для розвитку ДПС у заданий відрізок часу. Це здійснюється за допомогою визначення місця центра мас ПК та активізації тих з них, які потребують подальшої обробки з метою визначення потенційних небезпечних зближень.

Завданням *блоку прецизійних обчислень* є перевірка наявності стану небезпечного зближення для кожної пари ПК у кожний момент. Якщо цей стан виявляється, то диспетчер негайно інформується про небезпечне зближення, або про його потенційне виникнення. Інакше пари ПК підлягають додатковій перевірці за допомогою відомого в теорії УПР критерію τ .

У блоці підготовки даних для сигналізації формуються сигнали, відображення яких інформує диспетчера радіолокаційного контролю про потенційно конфліктні ситуації.

Оснoву будь-якої НСПЗ, що ґрунтується на АС УПР, становить сукупність розв'язуваних завдань, що включають ідентифікацію стану ДПС, виявлення ПКС, сигналізацію про це диспетчерові. Вектор стану ДПС X можна подати у вигляді точки в просторі стану. Тоді виникнення потенційно небезпечного зближення можна виразити як потрапляння точки X у певну область $L_X^{(k)} : X \in L_X^{(k)}$.

Уводячи у вектор стану ДПС ще й дані ідентифікації її параметрів, визначають розширений вектор Y з оцінкою $\hat{Y}(t)$. Тоді тенденцію до небезпечного зближення розуміють як

$$F[\hat{Y}(t)] \in L_Y^{(k)},$$

де F — деякий оператор; L — область конфліктів, розмірності вектора Y .

Доцільним як показник віднесення ситуації до потенційно небезпечної вважають імовірність виявлення конфлікту за заданого рівня фіктивних тривог, що означає:

$$I = \frac{P_{\tau}}{P_{\Phi}} \leq P^*,$$

де P_{τ} — умовна ймовірність правильного виявлення тривоги, тобто потенційно небезпечного зближення; P_{Φ} — імовірність фіктивних тривог; P^* — заданий рівень імовірності.

Значення P_{τ} і P_{Φ} обчислюються зазвичай шляхом напівнатурного та імітаційного моделювання. Ефективність НСПЗ на базі АС УПР можна визначити як гарантійну оцінку ймовірності виявлення потенційно небезпечного зближення ПК. Для цього вводять незалежну змінну, що характеризує межу виявлення потенційно небезпечного зближення й розведення ПК, що зближаються. Необхідно так само знати те значення цієї змінної, яке дає кращу оцінку знизу для ймовірності виявлення конфлікту.

Якщо параметр Z , визначений на області $L_Y^{(k)}$, характеризує відстань між двома попарно екстрапольованими положеннями ПК на тимчасовому інтервалі τ_e , то рішення про виникнення потенційно небезпечного зближення приймають у випадку, якщо

$$\widehat{Z}(\tau_e) \in L_Y^{(k)} : UL_Y^{(s)} = L^{(k)},$$

де $L_Y^{(s)}$ — додаткова область, наявність якої зумовлено помилками екстраполяції.

У протилежному випадку

$$\widehat{Z}(\tau_e) \in L_Y / L^{(k)}.$$

Із порівняння цих двох випадків випливає ймовірність:

— правильного виявлення потенційно небезпечного зближення:

$$P_{\tau} = P \left[\widehat{Z}(\tau_e) \in L^{(k)} / Z(\tau_e) \in L_Y^{(k)} \right];$$

— правильного невиявлення конфлікту:

$$P_{\Pi} = P \left[\widehat{Z}(\tau_e) \in L_Y / L^{(k)} / Z(\tau_e) \in L_Y^{(k)} \right];$$

— фіктивної тривоги:

$$P_{\Phi} = P \left[\widehat{Z}(\tau_e) \in L^{(k)} / Z(\tau_e) \in L_Y^{(k)} \right];$$

— пропущення конфлікту:

$$P_{\Pi} = P \left[\widehat{Z}(\tau_e) \in L \ L^{(k)} / Z(\tau_e) \in I_X^{(k)} \right].$$

Оскільки зрозуміло, що $P_{\Pi} = 1 - P_T$ і $P_{\Pi} = 1 - P_{\Phi}$, то досить вивести тільки оцінки для P_T і P_{Φ} . Однак ці оцінки не є повними у випадку маневрування ПК. Для такого випадку як оцінку ефективності системи доцільно вибрати час, потрібний для запобігання конфлікту, тобто час, протягом якого диспетчер та екіпаж повинні запобігти конфлікту. Тоді оцінкою ефективності для випадку наявності маневрів ПК може бути ймовірність того, що час, який є в наявності у диспетчера, відлічуваний від початку сигналізації про потенційно небезпечне зближення й до моменту розходження ПК, перевершує потрібний час:

$$P_{\mathbf{M}} = P(t_p > t_{\text{пот}}).$$

Отже, як показник ефективності НСПЗ на базі АС УПР можна використовувати величину, що є результатом згортання значень оцінок P_T , P_{Φ} , $P_{\mathbf{M}}$:

$$P = S(P_T, P_{\Phi}, P_{\mathbf{M}}).$$

Аналітичні вирази для отримання значень аргументів так само, як і самого згортання в цілому, можуть бути знайдені шляхом розбивання досліджень руху ПК у вертикальній і горизонтальній площинах.

Ряд характеристик ефективності НСПЗ такого типу можна отримати й іншими методами, наприклад, використанням моделювальних комплексів; такими можуть бути використані моделювальні тренажерні комплекси.

Найбільший інтерес становить оцінка значень розрахункового та потрібного часу, які є випадковими функціями. Як показують результати моделювання розподілу потрібного часу $t_{\text{пот}}$ можна описати нормальним законом зі значеннями математичного сподівання близько 3 хв за ймовірності запобігання потенційно небезпечному зближенню 0,95. Час реакції диспетчера в АС УПР на сигналізацію має розподіл, близький до однобічного трикутного (тип розподілу Сімпсона) з інтервалом розподілу 90 с. Ймовірність фіктивних тривог у складній ДПС істотно залежить від інтенсивності й щільності повітряного руху, а також топології маршрутів у зоні УПР. Тому оцінку ймовірності фіктивних тривог можна обґрунтувати лише моделюючи процеси УПР саме в заданій зоні.

Алгоритм пошуку й виявлення потенційно небезпечних зближень у НСПЗ найчастіше ґрунтується на оцінці критерію τ , відповідно до якого наявність конфлікту фіксується, якщо:

— у горизонтальній площині:

$$R_{\min} = \sqrt{\left\{ \left[(x_0 - x_1) + (V_x^0 - V_x^1)T_{\min} \right]^2 + \left[(y_0 - y_1) + (V_y^0 - V_y^1)T_{\min} \right]^2 \right\}};$$
$$T_{\min} = \frac{(x_0 - x_1)(V_x^0 - V_x^1) - (y_0 - y_1)(V_y^0 - V_y^1)}{(V_x^0 - V_x^1)^2 - (V_y^0 - V_y^1)^2},$$

де T_{\min} — час до зближення на найменшу відстань між парою ПК; $R_{\text{зад}}$ — дистанція мінімального неруйнівного прольоту; V_x, V_y — складові вектора швидкості пари ПК; x, y — координати пари ПК;

— у вертикальній площині: для горизонтального польоту: $\Delta H \leq H_3$ та для хоча б одного ПК зі зміною висоти $\Delta H \leq H_3$, де H_3 — норма вертикального ешелонування.

На підставі зазначених нерівностей можна побудувати алгоритм для НСПЗ із використанням радіолокаційних даних, що реалізується в обчислювальному комплексі АС УПР.

Варто зазначити, що під час аналізу планової поточної інформації, що відображається на стрипах або електронних таблично-знакових індикаторах, також можна розробити алгоритм для виявлення й попередження диспетчера про небезпечне зближення.

Експлуатаційну ефективність НСПЗ на базі АС УПР оцінюють за частотою сигналізації про потенційно небезпечні зближення, за рівнем фіктивних тривог та за деякими іншими характеристиками. Вважають, що частота сигналізації є прийнятною, якщо на одного диспетчера радіолокаційного контролю припадають у середньому соті одиниці сигналу за годину роботи, а рівень фіктивних тривог не перевищує 10 % від загальної кількості сигналізацій. Виявлено також, що найбільша частота сигналізацій припадає на зони УПР, у яких польоти виконуються на зустрічних треках та треках, що перетинаються.

Інший напрям розвитку НСПЗ пов'язаний з удосконаленням системи вторинних радіолокаторів на базі використання адресного режиму роботи S . Такий напрям НСПЗ можна вважати подальшим розвитком автоматизації радіолокаційного контролю.

У разі використання режиму S за допомогою ВОРЛ вдається отримати якісніші дані про ДПС, а також адресне передавання інформації з каналів «борт — земля» та «земля — борт» для кожного конкретного ПК. Дані про ДПС, отримувані від ВОРЛ і первинних оглядових радіолокаторів (ПОРЛ) після вторинної обробки використовуються для отримання рекомендацій щодо маневру у випадку, якщо з'являється загроза зіткнення.

Таким чином, вирішення завдання запобігання зіткненням у НСПЗ такого виду ґрунтується на виконанні трьох функціональних завдань:

- попередня фільтрація та відсіювання ПК, які не утворюють конфліктних пар;
- виявлення потенційно небезпечного зближення;
- видача команди на виконання маневру відхилення.

Перше функціональне завдання дає змогу виділити таку множину M для кожної пари ПК, на інтервалі екстраполяції (τ) яких спостерігається ПКС, шляхом фільтрації параметрів руху й координат центрів мас пар ПК у горизонтальній і вертикальній площинах. Увесь простір зони УПР, де функціонує НСПЗ, розділяється за висотою на кілька шарів, що перекриваються, і для кожного ПК визначається належність до певного шару. Фільтрація у горизонтальній площині проводиться для кожного із зазначених шарів й полягає у застосуванні кінцевої умови:

$$R_{ij} < (V_i + V_j) \tau;$$

$$R_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2},$$

де R_{ij} — відстань між парою ПК $_i$ і ПК $_j$; V_i, V_j — швидкості ПК; x_i, x_j, y_i, y_j — координати ПК; τ — інтервал екстраполяції.

Усім екіпажам ПК, що утворюють пари з множини M та обладнаним бортовими й адресними відповідачами, повідомляються такі дані про ДПС, як наприклад, дальність, пеленг, висота, відносна швидкість конфліктуючого ПК.

Друге функціональне завдання полягає в перевірці показника виявлення потенційно небезпечного зближення для кожної пари ПК із множини A . Цей показник полягає в одночасному виконанні трьох нерівностей.

1. Час зближення у вертикальній площині менший від інтервалу прогнозу $\tau^{(1)}$, або поточний поділ за висотою менший за допустимий:

$$\frac{H_i - H_j}{V_{vi} - V_{vj}} < \tau^{(1)}; \quad |H_i - H_j| < \Delta H_{\text{загр}}. \quad (3.1)$$

2. Час зближення в горизонтальній площині до прольоту точки мінімальної відстані менший від інтервалу $\tau^{(1)}$, або поточна відстань у горизонтальній площині менша за допустиму:

$$\frac{(X_i - X_j)(V_{xi} - V_{xj}) + (Y_i - Y_j)(V_{yi} - V_{yj})}{(V_{xi} - V_{xj})^2 + (V_{yi} - V_{yj})^2} < \tau^{(1)}; \quad R_{ij}(t) < R_{\text{загр}}. \quad (3.2)$$

3. Відстань між ПК у точці максимальної відстані менша від допустимої:

$$\frac{|(X_i - X_j)(V_{Y_i} - V_{Y_j}) - (Y_i - Y_j)(V_{X_i} - V_{X_j})|}{\sqrt{(V_{X_i} - V_{X_j})^2 + (V_{Y_i} - V_{Y_j})^2}} < L_{\text{загр}}. \quad (3.3)$$

Усі пари ПК множини M , для яких виконуються всі три нерівності утворюють підмножину $N: N \in M$. Для кожного ПК із підмножини N , обладнаного бортовими й адресними відповідачами, окрім даних про повітряну ситуацію, також надається інформація про екстрапольовану величину відстані до конфліктуючого ПК у точці найменшої відстані від нього, вертикальну швидкість, курс та напрямок маневру.

Разом з цим інформація про всі ПК, що входять у підмножину N , передається по каналу «земля — борт — земля» лінії передавання даних (ЛПД) для попередження диспетчера УПР.

Третє функціональне завдання полягає в перевірці вирішального правила підтвердження загрози зіткнення, видачі команд на маневр відхилення й передавання цих команд на борт і диспетчеру УПР.

Вирішальне правило підтвердження загрози зіткнення також будується на основі перевірки нерівностей (ідентичних (3.1), (3.2) та (3.3)), у яких зменшується лише інтервал екстраполяції $\tau^{(k)}$, де $\tau^{(*)} < \tau^{(1)} < \tau$.

Усі ПК із підмножини N , для яких підтверджувалася загроза зіткнень, утворюють підмножину K . Для кожного ПК визначаються й передаються на борт і диспетчеру УПР команди щодо запобігання зіткненням.

При цьому такі команди можуть мати характер заборони на певні дії («негативні»), або навпаки, пропонувати певні дії («позитивні»). «Негативні» команди реалізуються у вигляді обмежень на значення вертикальної швидкості набору висоти або зниження, або заборони на маневр у горизонтальній площині вліво або вправо й у вертикальній площині вгору або вниз. Вибір виду команди для ПК, що входять у підмножину K , залежить від цілого комплексу факторів.

Варто зазначити, що відомі алгоритми НСПЗ не можна вважати виконаними у разі передбачення й перегляду за їх допомоги розвитку ситуацій у ДПС після виявлення, наприклад, множинної конфліктної ситуації й виконання деякими ПК рекомендованих команд НСПЗ.

Реалізувати НСПЗ на базі ВОРЛ із режимом роботи S можна впровадивши ЕОМ та ЛПД. Простота алгоритмів НСПЗ дає змогу реалізовувати їх на мікропроцесорах. Таким чином, упровадження

НСПЗ подібного виду складається із завдань, що не мають принципових труднощів щодо вирішення, і загальну структуру подібної НСПЗ можна подати у вигляді рис. 3.5.

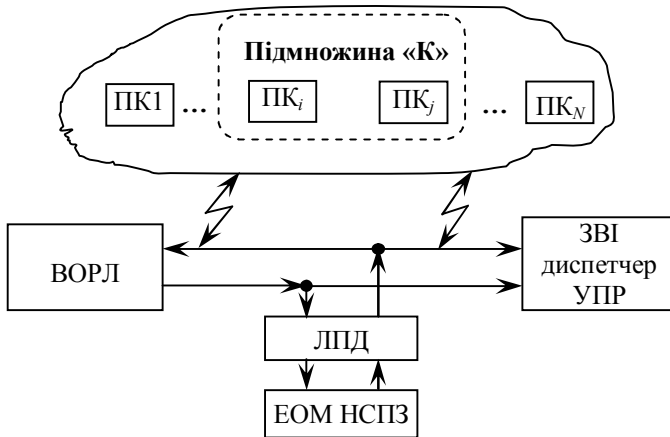


Рис. 3.5. Структура НСПЗ на базі ВОРЛ:

БАВ — бортовий адресний відповідач;

ДАС — дискретно-адресна система;

ЗВІ — засоби відображення інформації

Переваги подібної НСПЗ не викликають сумніву, хоч її експериментальна перевірка в експлуатаційних умовах ставитиме ще не один десяток завдань й технічних труднощів.

Наявність подібних НСПЗ хоч і підвищує рівень безпеки, усе-таки не дає потрібної гарантії. Не виконується основний принцип забезпечення високого рівня безпеки, відповідно до якого всі найважливіші канали зв'язку, види відображуваної інформації, елементи діяльності, силові установки, системи управління мають бути дубльовані. У цьому разі єдиним резервом НСПЗ диспетчера про небезпечний розвиток ДПС на базі АС УПР є візуальний контроль тієї частини повітряної ситуації, що спостерігається екіпажем безпосередньо, або за допомогою бортової радіолокаційної станції (БРЛС). Такий стан не можна визнати задовільним, оскільки не виключається прояв людського фактора.

Істотним фактором у цьому випадку є обмеженість ресурсів. Основними ресурсами вважають не тільки початкові витрати на розробку і впровадження БСПЗ і НСПЗ, але й на експлуатацію.

✓ 3.3. Правила видачі короткострокових попереджень про конфліктну ситуацію

У місцевих інструкціях, що стосуються використання функції короткострокового попередження про конфлікт (*Short Term Conflict Alert — STCA*), зокрема обумовлюються:

- а) типи ПК, які мають право видавати *STCA*;
- б) сектори або райони повітряного простору, у яких реалізується функція *STCA*;
- в) метод відображення *STCA* диспетчеру;
- г) параметри видачі попереджень, а також час попередження;
- д) умови, за яких функція *STCA* може бути заборонена на окремих радіолокаційних лініях шляху;
- і) правила, застосовувані до польотів, для яких заборонена функція *STCA*.

У випадку видачі *STCA* щодо контрольованих польотів диспетчер негайно виконує дії, що унеможливають порушення застосовуваного мінімуму ешелонування. Після видачі *STCA* диспетчеру потрібно скласти звіт про інцидент під час повітряного руху тільки в тому випадку, якщо порушено мінімум ешелонування.

Відповідний повноважний органу УПР повинен зберігати електронні записи усіх виданих *STCA*. Дані та обставини, пов'язані з кожним *STCA*, мають бути проаналізовані для визначення обґрунтованості попередження. Необґрунтовані попередження, наприклад, у разі застосування візуального ешелонування, ігноруються. Потрібно виконувати статистичний аналіз обґрунтованих попереджень для виявлення можливих недоліків у організації повітряного простору і правилах УПР, а також стежити за рівнем безпеки польотів у цілому.

3.4. Автоматизована система управління повітряним рухом «Консоль-2000»

✓ Вудова та склад системи

Система попередження диспетчера про небезпечні зближення в АС УПР «Консоль-2000» містить такі підсистеми:

- ◆ попередження диспетчера про небезпечні зближення в процесі поточного (радіолокаційного) УПР;
- ◆ об'єктивного контролю параметрів роботи диспетчера радіолокаційного управління з метою виявлення ситуацій порушення правил УПР.

Джерелом вхідних даних для вирішення цього завдання є інформація ВОРЛ, що містить дані про висоту ПК.

Наземна система попередження зіткнень виконує розрахунки за кожним ПК, що супроводжується системою, у міру відновлення радіолокаційних даних. Основне питання розв'язання цього завдання — визначення потенційно небезпечного зближення. Під час визначення алгоритму розробники виходили з таких обов'язкових умов:

- ◆ сигналізація має бути зрозуміла диспетчеру та не повинна викликати роздратування («занадто рано/ пізно»);
- ◆ практична значущість потенційно небезпечної ситуації визначається експертним шляхом;
- ◆ необхідний задовільний рівень сигналізації за оцінкою диспетчера;
- ◆ сигналізація не обов'язково зумовлює документування даних;
- ◆ сигналізація не має бути несподіваною («твердий» етап сигналізації) й потрібен «м'який» (попередній) етап сигналізації.

Ці обмеження не дають змоги застосувати об'єктивні алгоритми визначення небезпеки (ризик зіткнення, дистанція до мінімального зближення та ін.), оскільки вони припускають урахування суб'єктивного (диспетчерського) фактора під час оцінювання загрози конфліктної ситуації. Тому алгоритм визначення ПКС був підібраний емпірично після тривалого спостереження ситуацій прийняття диспетчером рішень щодо розведення ПК.

Критерій потенційно небезпечного зближення

У загальному випадку критерій потенційно небезпечного зближення можна сформулювати так: зближення пари ПК на дистанцію, за якої диспетчер повинен виконати дії щодо запобігання зіткненню.

Відповідно до цього визначення немає єдиної дистанції спрацьовування НСПЗ, як це визначено для норм ешелонування при зближенні пари ПК на будь-яких швидкостях, а ця дистанція різна у разі різних взаємних розташувань ПК. Справедливий загальний принцип виявлення й прийняття рішень під час виникнення ПКС — що швидше зближаються ПК, то більша дистанція між ними, коли починається сигналізація.

Плавна реакція диспетчера на сигналізацію НСПЗ досягається за допомогою введення «м'якого» і «твердого» попереджень. «М'яке» попередження забезпечується підсвічуванням верхнього рядка формуляра супроводу (ФС) *жовтим* кольором. Ця сигналізація починається на початку розвитку зближення ПК. Документування даних у системі на зовнішній носій у такому випадку не відбувається, тобто диспетчер має шанс виправити можливу помилку без остраху, що ця ситуація буде задокументована. Слід зазначити, що будь-яка сигналізація має починатися з «м'якої».

«Тверда» сигналізація полягає у підсвічуванні верхнього рядка ФС *червоним* кольором.

Якщо диспетчер після оголошення «твердої» сигналізації ПКС не почав потрібних дій і ситуація продовжує розвиватися в небезпечному напрямку, весь формуляр ПК підсвічується *червоним* кольором.

Ситуація об'єктивно більш небезпечна, ніж у разі «м'якого» попередження, та відбувається документування відповідних даних.

Реалізація програмного модуля попередження диспетчера про небезпечні зближення

Програмний модуль «Консоль-2000» включає такі блоки:

- змінювані параметри програмного модуля;
- постійні параметри;
- виявлення зближення в горизонтальній площині;
- виявлення конфлікту за висотою;
- аналіз часу й дистанції зближення;
- ухвалення рішення в конфлікті;
- індикація диспетчеру;
- реєстрація даних.

Параметри програмного модуля

Змінювані параметри. До них належать дані про висоту, швидкість і місцеперебування ПК.

Під час відновлення цих даних у пам'яті ЕОМ програмний модуль після перевірки потрібних постійних параметрів порівнює змінені дані про ПК з усіма іншими даними про другий ПК, наявний у системі.

Постійні параметри. Це дані про максимальну або мінімальну можливу висоту, швидкості та місцеперебування ПК.

Також до постійних параметрів належать мінімально допустимі параметри НСПЗ залежно від місцеположення ПК.

Критерії прийняття рішення про потенційно небезпечне зближення

Об'єм безпеки навколо кожного ПК визначають відповідно до рис. 3.6.

Факт зіткнення двох ПК об'ємами безпеки і є фактом виявлення конфліктної ситуації. Кількісні значення параметрів об'ємів безпеки навколо кожного ПК (час попередження, мінімальна дистанція прольоту) визначаються значеннями нормативних документів.

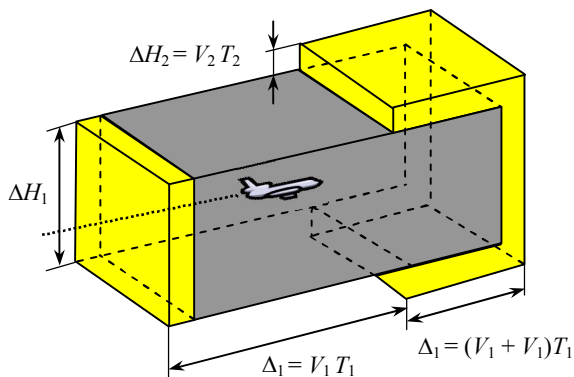


Рис. 3.6. Об'єм безпеки навколо ПК

✓ 3.5. Автоматизована система управління повітряним рухом «Аеротехніка»

Система попередження небезпечного зближення в АС УПР «Аеротехніка» реалізована з метою створення додаткових засобів, які виконують функцію відображення потенційно конфліктної ситуації під час її виникнення. Функцію відображення ПКС реалізовано на моніторах диспетчерів радіолокаційного та процедурного контролю.

Система попереджає про зближення як двох ПК між собою, так і ПК із перешкодами у разі польотів на малих висотах.

Під час виконання процедури відображення ПКС аналізується відстань між ПК у горизонтальній і вертикальній площинах з урахуванням часу можливого виникнення конфлікту.

Принцип реалізації

Наземна система попередження зіткнень в АС УПР «Аеротехніка» реалізована відповідно до такого принципу:

- розрахунок короткострокового конфлікту у системі формується з урахуванням висоти ПК та площинних координат ПК;

- зона задається у вигляді багатокутника або кола на площині із вказаним діапазоном висот і номером типу зони. Кількість зон — до 64. Кількість типів зон — до 9;

- параметри конфлікту для кожної зони визначаються її типом. Пріоритетною є зона з найменшим номером. Для зони з типом 00 параметри конфлікту не розраховуються, ознака наявності конфлікту на робочому місці (РМ) не відображається;

— вкладеність зон дозволяється у тому випадку, якщо ПК попадає в кілька зон і параметри конфлікту для такого ПК ураховуються в зоні з найменшим типом;

— географічні межі зон, межі зон по висотах, а також параметри для розрахунку конфліктів за зонами можуть бути змінені у міру потреби.

На екрані РМ у вікні системних параметрів зображується інформація про параметри розрахунку конфліктів за зонами у такий спосіб (рис. 3.7):

— номер типу зони;

— параметри розрахунку конфліктів для ПК, принаймні один з яких не затверджено до польотів у повітряному просторі зі скороченим мінімумом вертикального ешелонування (*Reduced Vertical Separation Minimum — RVSM*) (мінімальні відстані в горизонтальній (у кілометрах) і вертикальній (у метрах) площинах, у разі порушення яких на екрані РМ зображується ознака конфлікту);

— параметри для ПК, затверджених до польотів у повітряному просторі *RVSM*;

— час екстраполяції, на який виконується розрахунок конфлікту (у секундах).

```
1. N.R 030 0500 W/E 030 0500 120
2. N.R 009 0210 W/E 009 0210 120
3. N.R 029 0210 W/E 029 0210 120
4. N.R 029 0510 W/E 029 0210 120
5. N.R 029 0510 W/E 029 0510 120
```

Рис. 3.7. Системні параметри визначення ПКС

Потенційно конфліктну ситуацію розраховують для умов руху ПК з наявними параметрами руху на час (від 0 до 5 хв), установлений у системних параметрах адміністратором і зображуваний у правому полі параметрів конфлікту: у цьому випадку 120 с для всіх типів зон.

Зображення потенційно конфліктних ситуацій на радіолокаційному моніторі

Якщо можлива ситуація, коли одночасно відстань між ПК у горизонтальній і вертикальній площинах стане рівною або меншою від заданої і час виникнення ситуації дорівнює або менший від заданого, автоматично приймається рішення про короткостроковий конфлікт. Попередження про можливий конфлікт зображується на екрані РМ у вигляді виділених кольорами векторів екстраполяції у ПК, що перебувають у конфлікті. У такому випадку в першому рядку ФС ПК, праворуч від номера мерехтить символ *K* червоного кольору (рис. 3.8).

Примітки. 1. Наявність короткострокового конфлікту зображується незалежно від того, чи був установлений диспетчером вектор екстраполяції у властивостях відображення ФС і мітки ПК.

2. Результат аналізу виникнення конфлікту достовірний за умови, якщо протягом часу екстраполяції параметри руху ПК не змінюються.



Рис. 3.8. Зображення ПКС на РЛК-моніторі

Зображення потенційно конфліктної ситуації на моніторі планової інформації

Як і радіолокаційний диспетчер, диспетчер-планувальник також має можливість відслідковувати наявність ПКС.

Сервер планування аналізує активні плани польотів щодо можливості конфліктних ситуацій у точках перетинання трас (у тому числі й «догону» ПК). У разі виявлення конфлікту на РМ того сектора, у якому очікується конфлікт, примусово відобразиться кнопка, що сповіщає про наявність ПКС. Ця кнопка дає змогу відкрити для перегляду список рейсів ПК, по яких можливе виникнення конфліктної ситуації, точки обов'язкового донесення, у якій можливий конфлікт, ешелон і час очікування конфлікту (рис. 3.9).

План Установки Вывод					
ППЛ		СО	АКТ	КОНФЛ	ДС
№РЕЙСА	№РЕЙСА	ТОЧКА	ЭШЕЛОН	ВРЕМЯ	
IR4763	MAS4	SMF	1	13:00	
AFL131	AFL106	SMF	1	13:04	
MAS6	CFL22	SMF	1	13:14	
MAS33	AFL442	SMF	1	13:25	

Рис. 3.9. Зображення ПКС на моніторі диспетчера-планувальника

Оцінюючи конфліктні ситуації за активними планами, враховують реальні параметри руху ПК.



Запитання для самоперевірки

1. Яка мета створення системи попередження небезпечного зближення в АС УПР?
2. Чим відрізняються існуючі методи для автоматизації виявлення та вирішення конфліктів у повітрі?
3. Опишіть процес виявлення та вирішення конфлікту.
4. Опишіть мультиплікативний конфлікт.
5. Охарактеризуйте головні методи екстраполяції місцеперебування ПК.
6. Укажіть маневри для уникнення конфліктних ситуацій.
7. Які завдання блоку первісної обробки АС УПР?
8. Які завдання блоку фільтрації АС УПР?
9. На виконання яких функціональних завдань ґрунтується НСПЗ?
10. Наведіть структуру НСПЗ на базі ВОРЛ.
11. Наведіть правила видачі короткострокових попереджень про конфліктну ситуацію.
12. Наведіть будову та склад НСПЗ АС УПР «Консоль-2000».
13. Які блоки включає програмний модуль АС УПР «Консоль-2000»?
14. Укажіть критерії прийняття рішення про потенційно небезпечне зближення в АС КПР «Консоль-2000».
15. Які параметри програмного модуля АС УПР «Консоль-2000» належать до змінних параметрів?
16. Які параметри програмного модуля АС УПР «Консоль-2000» належать до постійних параметрів?
17. Які параметри відображаються на РМ АС УПР «Аеротехніка» у вікні системних параметрів?
18. Як реалізується НСПЗ в АС УПР «Аеротехніка»?
19. Яким чином зображується ПКС на радіолокаційному моніторі АС УПР «Аеротехніка»?
20. Яким чином зображується ПКС на моніторі планової інформації АС УПР «Аеротехніка»?
21. На який час розраховується ПКС на РМ диспетчера РЛК в АС УПР «Аеротехніка»?
22. Наведіть методи екстраполяції місцеперебування ПК.
23. Які існують маневри для уникнення конфліктних ситуацій?
24. Яким чином задається зона повітряного простору в НСПЗ в АС УПР «Аеротехніка»?
25. Наведіть визначення терміна *конфлікт*.



4. МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОТЕНЦІЙНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ

✓ 4.1. Перетинання рівня на попутних треках

Один ПК прямує в горизонтальному польоті, а другий ПК — зі змінним профілем

Дати команду на зниження (набирання висоти) до ближнього суміжного рівня в попутному напрямку і в момент його заняття:

1. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується, ПКС немає, тоді дозволити подальше зниження (набирання висоти) (рис. 4.1).

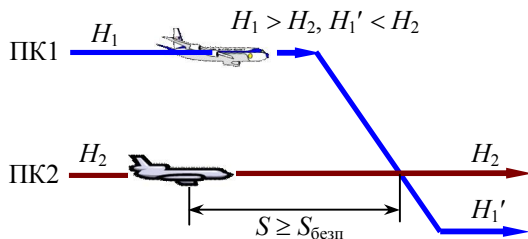


Рис. 4.1. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

2. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується (рис. 4.2), тоді в процесі зниження (набирання висоти) потрібно:

— відвернути менш швидкісний ПК управо (вліво) і після забезпечення безпечного бокового інтервалу дати команду на подальше зниження (набирання висоти) більш швидкісному ПК.

Після розходження ПК по висотах вивести ПК з меншою швидкістю на лінію заданого шляху (ЛЗШ) (рис. 4.3);

— одному ПК збільшити, а другому зменшити швидкість, якщо дає змогу Керівництво з льотної експлуатації (КЛЕ), для створення безпечного поперечного інтервалу. Після забезпечення інтервалу дати команду на подальше зниження (набирання висоти) (рис. 4.4).

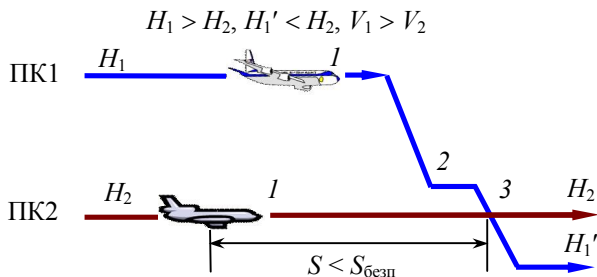


Рис. 4.2. Безпечний інтервал, що не забезпечується в момент перетинання

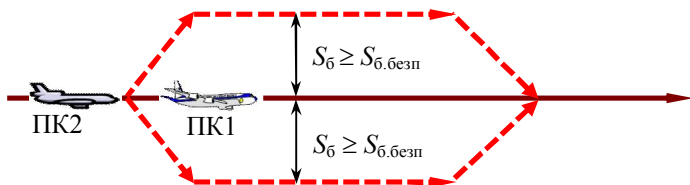


Рис. 4.3. Створення бокового інтервалу

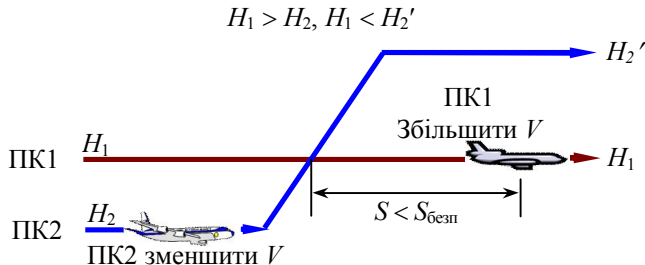


Рис. 4.4. Зміна швидкостей ПК

Два ПК прямують в одному напрямку в режимі набирання висоти

1. Крейсерський рівень та вертикальна швидкість першого ПК більші, ніж другого ПК; у такому випадку ПКС не виникає (рис. 4.5).

2. Крейсерський рівень першого ПК вищий, але вертикальна швидкість менша, ніж другого ПК. У такому разі є можливість другого ПК догнати перший ПК за висотою, якщо:

— поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується — ПКС немає (рис. 4.6);

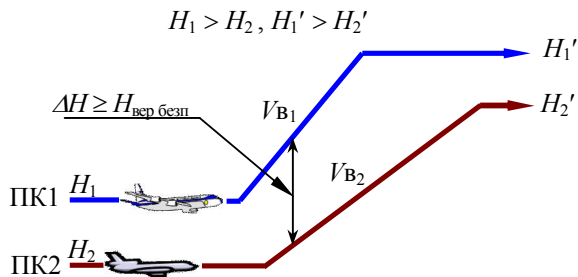


Рис. 4.5. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

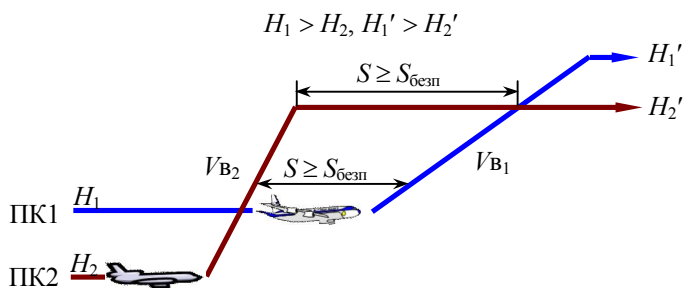


Рис. 4.6. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

— поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується. У такому випадку потрібно обмежити вертикальну швидкість другого ПК, щоб вона дорівнювала, або була меншою, ніж першого ПК (рис. 4.7).

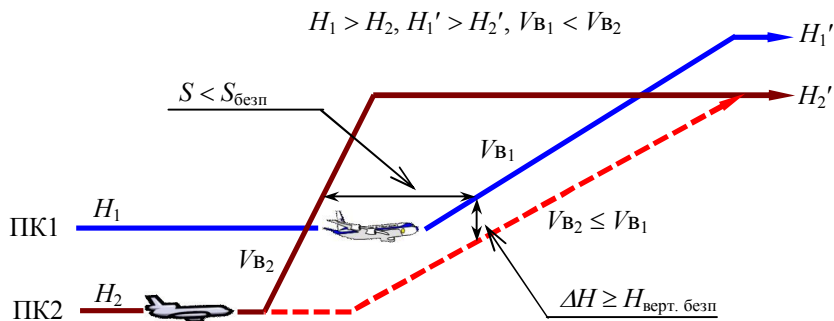


Рис. 4.7. Регулювання вертикальних швидкостей

3. Крейсерський рівень та вертикальна швидкість другого ПК більша, ніж першого ПК, тоді:

а) у разі забезпечення поперечного інтервалу в момент перетинання зайнятого рівня польоту ПКС не виникає (рис. 4.8);

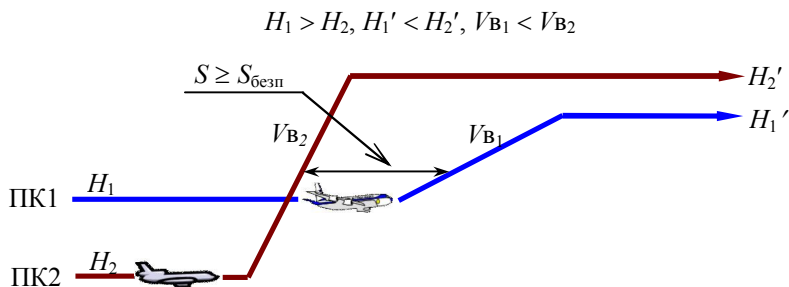


Рис. 4.8. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) у разі незабезпечення поперечного інтервалу в момент перетинання зайнятого рівня польоту потрібно:

— другому ПК дозволити набирання рівня польоту нижчого, ніж рівень, що заданий першому ПК, з вертикальною швидкістю не більшою, ніж першого ПК (рис. 4.9);

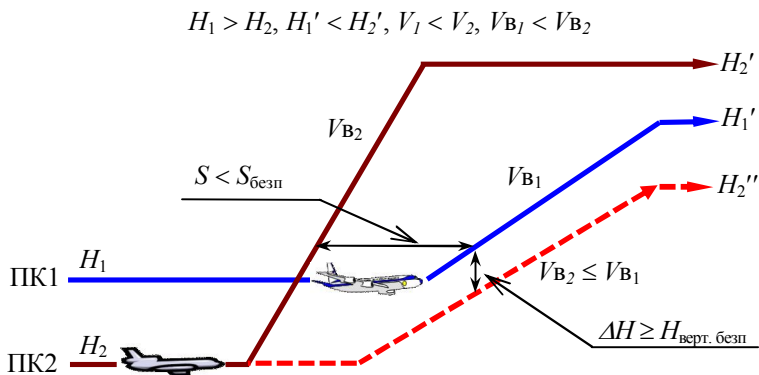


Рис. 4.9. Зміна крейсерських рівнів польоту

— у процесі набирання заданих рівнів польоту утворився безпечний поперечний інтервал. У такому випадку дозволити другому ПК продовжувати набирати висоту;

— у процесі набирання заданих рівнів не створився безпечний поперечний інтервал. У такому випадку, якщо дає змогу КЛЕ, більш швидкісному ПК збільшити, а менш швидкісному зменшити швидкість. Коли буде досягнуто безпечний інтервал між ПК, дозволити набирати висоту другому ПК;

— якщо зміна швидкостей неможлива, або не приводить до збільшення інтервалу між ПК, тоді в процесі набирання заданих рівнів потрібно створити боковий інтервал та дозволити продовжувати набирати висоту ПК. Після розходження ПК за висотами вивести ПК з меншою швидкістю на ЛЗШ (рис. 4.9).

4. Крейсерські рівні польоту першого та другого ПК однакові, якщо:

а) поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту забезпечується і швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК; ПКС немає (рис. 4.10);

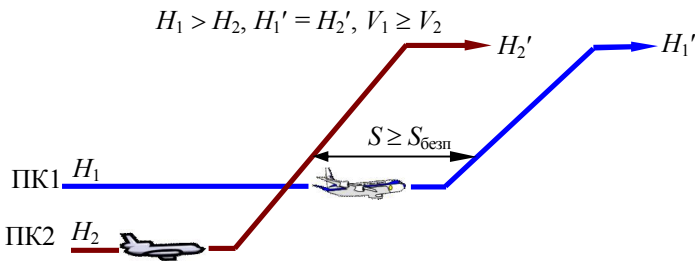


Рис. 4.10. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту забезпечується і швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК, тоді є можливість другому ПК догнати перший ПК. У такому випадку розвести ПК можна декількома способами:

— першому ПК збільшити, а другому ПК зменшити швидкість, якщо дає змогу КЛЕ, та дозволити набирання крейсерських рівнів польоту обом ПК (рис. 4.11);

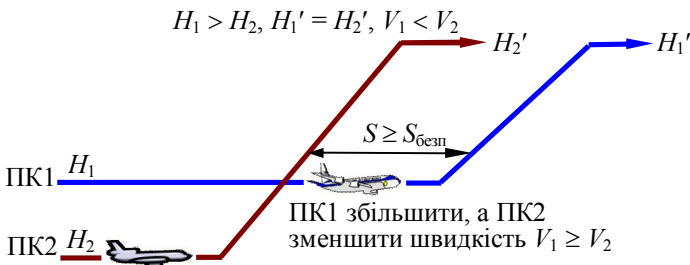


Рис. 4.11. Регулювання горизонтальних швидкостей ПК

— КЛЕ не дає змогу змінити швидкості, тоді один із ПК буде набирати крейсерський рівень польоту, а другий ПК — рівень у попутному напрямку — нижчий або вищий від крейсерського (рис. 4. 12);

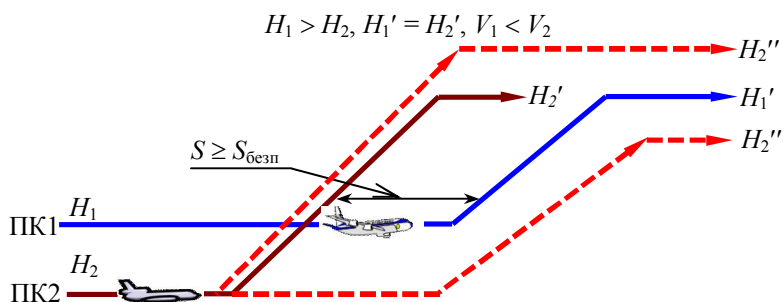


Рис. 4.12. Зміна крейсерських рівнів ПК

в) безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту не забезпечується і швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК (рис. 4.13), тоді:

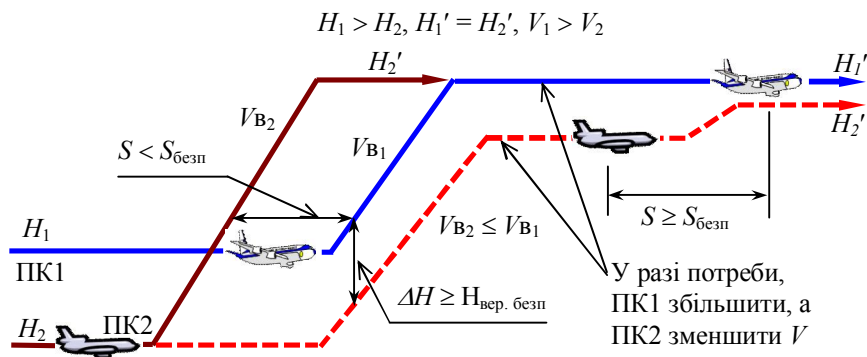


Рис. 4.13. Створення безпечного інтервалу

— перший ПК набирає крейсерський рівень, або рівень, який має бути на межі передачі УПР, другий ПК набирає рівень, нижчий від заданого першому ПК з вертикальною швидкістю, не більшою від швидкості першого ПК;

— після досягнення заданих рівнів польоту та створення безпечного поперечного інтервалу дозволити другому ПК надалі набирати крейсерський рівень або рівень, який має бути зайнятим на межі передачі УПР;

— у момент займання заданих рівнів польоту безпечний поперечний інтервал не забезпечується, тоді перший ПК збільшує, а другий ПК зменшує швидкість, якщо дає змогу КЛЕ. Після досягнення безпечного поперечного інтервалу між ПК дозволити набирати висоту другому ПК;

— зміна швидкостей неможлива, або не приводить до збільшення інтервалу між ПК, тоді другий ПК буде прямувати на суміжному нижньому рівні польоту в попутному напрямку;

г) безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту не забезпечується і швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК. Тоді є можливість другому ПК догнати перший ПК, у такому випадку розвести ПК можна декількома способами:

— перший ПК набирає крейсерський рівень, а другий — рівень нижчий або вищий від крейсерського рівня в попутному напрямку (рис. 4.14).

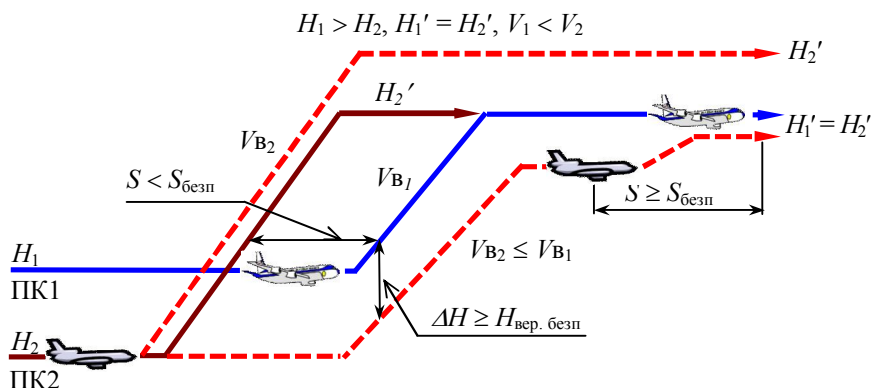


Рис. 4.14. Зміна крейсерських рівнів польоту

Якщо другий командир ПК прийме рішення набирати рівень, вищий від крейсерського, потрібно створити боковий інтервал. Після розходження ПК по висотах вивести перший ПК на ЛЗШ (рис. 4.3);

— перший ПК набирає крейсерський рівень, а другий ПК буде набирати та далі прямувати на суміжному нижньому рівні в попутному напрямку доти, доки не обжене перший ПК і буде створений поперечний інтервал. Потім другому ПК можна дозволити надалі набирати висоту. У разі потреби в процесі набирання висоти першому ПК зменшити, а другому ПК збільшити швидкість, якщо дозволяє КЛЕ (рис. 4.14).

Два ПК прямують в одному напрямку і знижуються

1. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня польоту забезпечується і швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК, тоді ПКС немає (рис. 4.15).

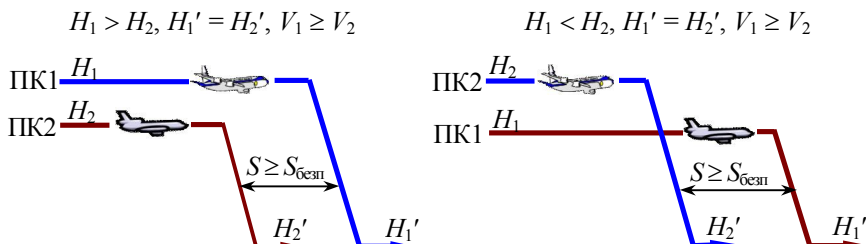


Рис. 4.15. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

2. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується і швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК. У такому випадку є можливість другому ПК догнати перший ПК, тоді, не чекаючи скорочення безпечного поперечного інтервалу:

— другому ПК дати команду на зниження до рівня нижче від того, який буде заданий першому ПК (рис. 4.16);

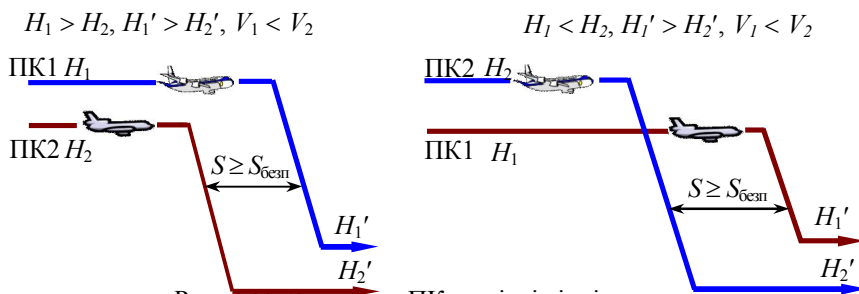


Рис. 4.16. Зниження ПК на різні рівні польоту

— створити безпечний боковий інтервал. Після розходження ПК за висотою вивести перший ПК на ЛЗШ (див. рис. 4.3).

3. Безпечний поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується, тоді:

— дати команду на зниження тому ПК, який рухається нижче, а другий ПК буде знижуватися на рівень польоту в попутному напрямку вище. У разі потреби можна обмежити вертикальну швидкість другому ПК (рис. 4.17);

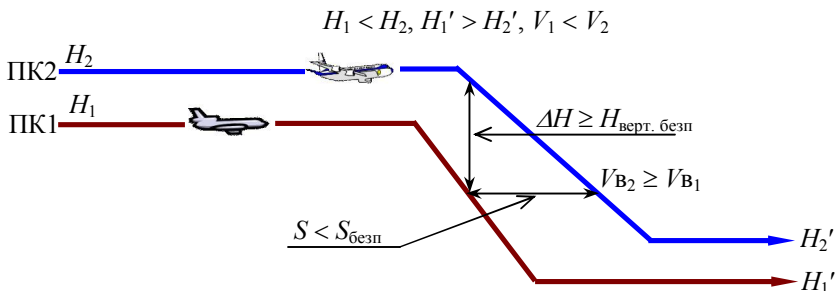


Рис. 4.17. Безпечний інтервал, що не забезпечується в момент перетинання

— створити безпечний боковий інтервал (див. рис. 4.3). Після його створення дати команду на зниження другому ПК на рівень у попутному напрямку, нижчий від рівня, що заданий першому.

✓ 4.2. Перетинання рівня на зустрічних треках

Один ПК прямує в горизонтальному польоті, а другий ПК — зі змінним профілем

Дати команду на зниження (набирання висоти) до ближнього суміжного зустрічного рівня та після досягнення цього рівня:

а) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент перетинання зайнятого рівня забезпечуються, ПКС немає. Дозволити подальше зниження (набирання висоти) (рис. 4.18);

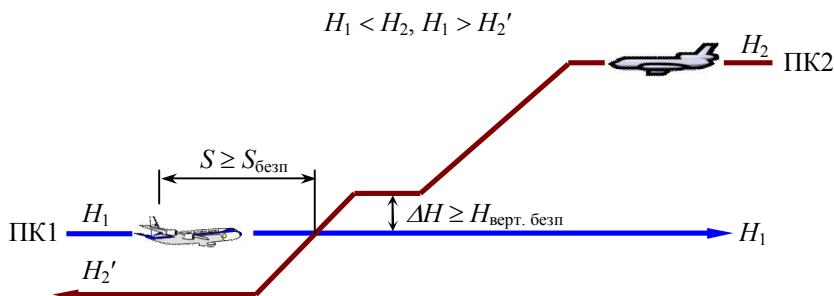


Рис. 4.18. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечуються, тоді знижувати (набирати) висоту надалі буде дозволено після розходження ПК (рис. 4.19).

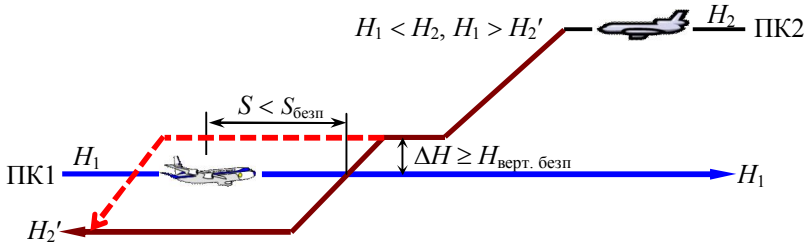


Рис. 4.19. Зниження ПК після розходження

Перший ПК прямує зі зниженням, а другий ПК — у режимі набирання висоти

Дати команду на зниження та набирання висоти до ближніх су-
можливих зустрічних рівнів і під час досягнення заданих рівнів:

а) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент пере-
тінання зайнятого рівня забезпечуються, ПКС немає. Дозволити
надалі знижуватися та набирати висоту ПК (рис. 4.20);

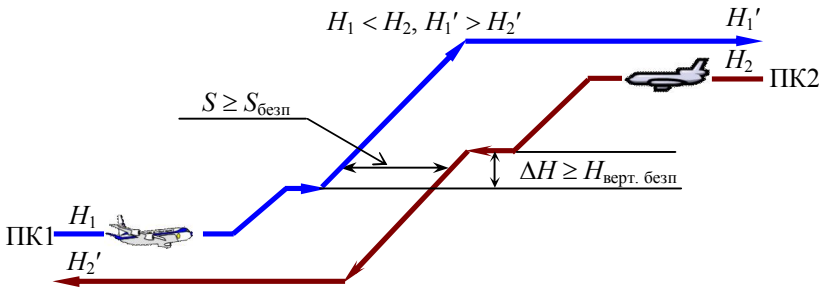


Рис. 4.20. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) безпечні інтервали (поперечний та боковий) у момент пере-
тінання зайнятого рівня не забезпечуються, тоді подальше зниження та
набирання висоти будуть дозволені після розходження ПК (рис. 4.21).

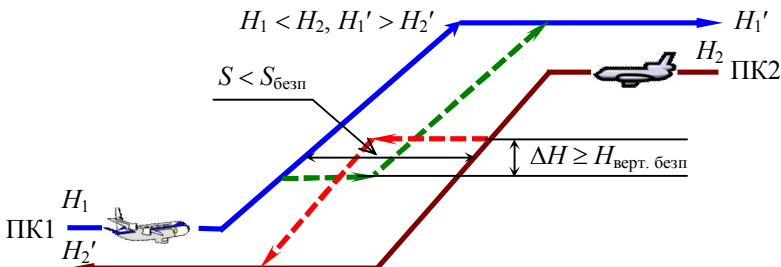


Рис. 4.21. Зниження ПК після розходження

✓ 4.3. Перетинання треків

1. Поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня забезпечується, ПКС немає (рис. 4.22).

$$H_1 = H_2$$

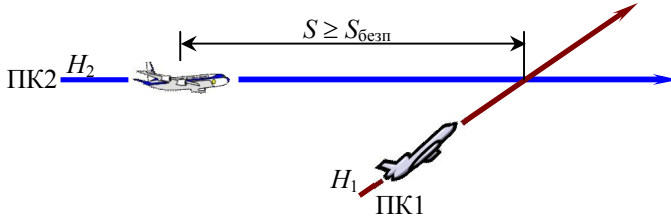


Рис. 4.22. У момент перетинання безпечний інтервал забезпечується

2. Поперечний інтервал у момент перетинання зайнятого рівня не забезпечується, тоді розвести ПК можна такими способами:

— змінити рівень польоту одному з ПК (рис. 4.23);

$$H_1 = H_2$$

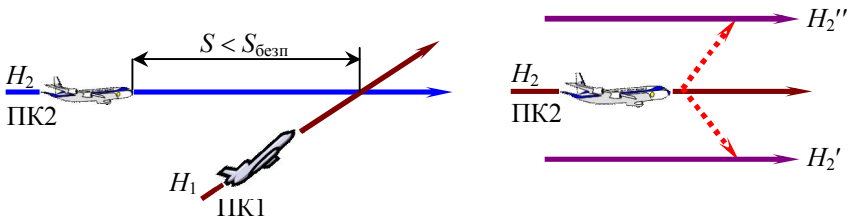


Рис. 4.23. Зміна рівнів польоту ПК

— ПК, який першим проходить точку перетинання маршрутів, збільшити швидкість польоту, а другому ПК — зменшити, якщо дозволяє КЛЕ (рис. 4.24);

$$H_1 = H_2$$

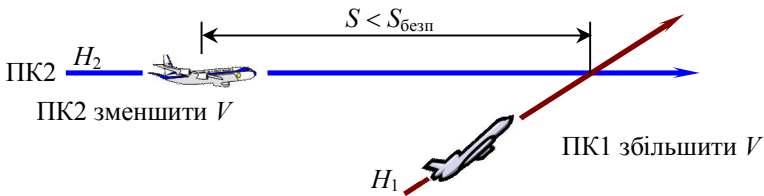


Рис. 4.24. Регулювання горизонтальних швидкостей ПК

— якщо інтервал у момент перетинання маршрутів більший від половини мінімального безпечного і неможливо змінити швидкості, або їх зміни недостатньо, тоді менш швидкісний ПК потрібно відвернути на 30° у бік більш швидкісного ПК та вивести його на межу маршруту. Через 1—2 хв відвернути менш швидкісний ПК на 30° у бік осі маршруту (рис. 4.25).

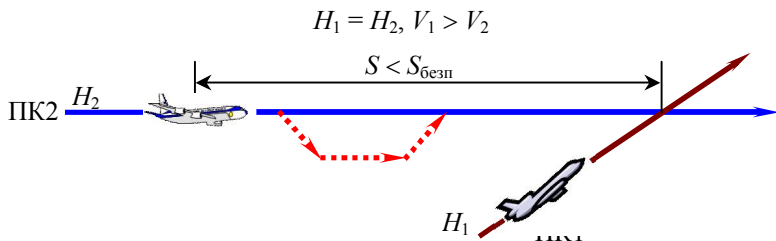


Рис. 4.25. Відвернення ПК

✓ 4.4. Політ на одному рівні

1. Поперечний інтервал не забезпечується, тоді потрібно негайно змінити рівень польоту одному з ПК (рис. 4.26);

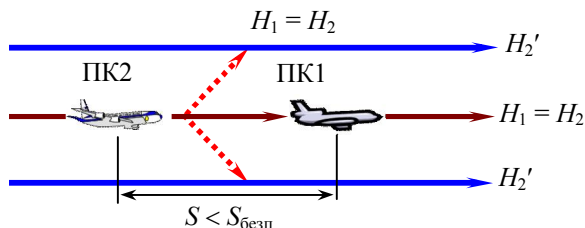


Рис. 4.26. Негайна зміна рівнів польоту ПК

2. Поперечний інтервал забезпечується:
а) швидкість першого ПК більша або дорівнює швидкості другого ПК, ПКС немає (рис. 4.27);

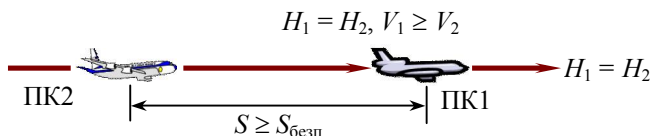


Рис. 4.27. Безпечний інтервал, що забезпечується в момент перетинання

б) швидкість першого ПК менша від швидкості другого ПК, тоді другий ПК може догнати перший. У такому випадку розвести ПК можна такими способами:

— першому ПК збільшити швидкість, а другому ПК зменшити швидкість, якщо дає змогу КЛЕ (рис. 4.28);

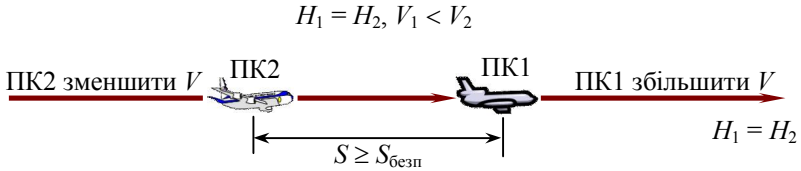


Рис. 4.28. Регулювання горизонтальних швидкостей ПК

— якщо неможливо змінити швидкості, або після їх зміни інтервал продовжує скорочуватися, потрібно змінити рівень польоту одному з ПК (рис. 4.29).

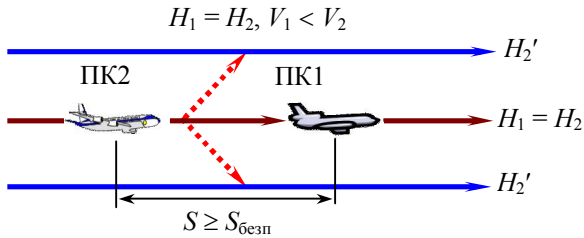


Рис. 4.29. Зміна рівнів польоту ПК





Запитання для самоперевірки

1. Наведіть методи розв'язання ПКС під час перетинання рівня на попутних треках, коли один ПК прямує в горизонтальному польоті, а другий ПК — зі змінним профілем.

2. Наведіть методи розв'язання ПКС під час перетинання рівня на попутних треках, коли два ПК прямують в одному напрямку в режимі набирання висоти.

3. Наведіть методи розв'язання ПКС під час перетинання рівня на попутних треках, коли два ПК прямують в одному напрямку та знижуються.

4. Наведіть методи розв'язання ПКС під час перетинання рівня на зустрічних треках, коли один ПК прямує в горизонтальному польоті, а другий ПК — зі змінним профілем.

5. Наведіть методи розв'язання ПКС під час перетинання рівня на зустрічних треках, коли один ПК знижується, а другий — набирає висоту.

6. Наведіть методи розв'язання ПКС під час перетинання треків.

7. Наведіть методи розв'язання ПКС під час польоту на одному рівні.

8. Як розв'язувати ПКС методом створення безпечного бокового інтервалу?

9. Як розв'язувати ПКС методом регулювання швидкостей у горизонтальній площині?

10. Як розв'язувати ПКС методом регулювання швидкостей у вертикальній площині?

11. Наведіть мінімуми поздовжнього ешелонування під час перетинання рівня на попутних треках.

12. Наведіть мінімуми поздовжнього ешелонування під час перетинання рівня на зустрічних треках.

13. Наведіть мінімуми поздовжнього ешелонування під час перетинання треків.

14. Наведіть мінімуми поздовжнього ешелонування під час польотів на одному рівні.

15. Наведіть мінімуми вертикального ешелонування.





5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ З РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОТЕНЦІЙНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ

✓ 5.1. Радіолокаційна інформація

5.1.1. Надання радіолокаційної інформації

Радіолокаційна інформація, що виводиться на радіолокаційний дисплей, має зображувати щонайменше:

- ◆ радіолокаційне зображення місць ПК;
- ◆ дані радіолокаційної карти;
- ◆ інформацію ВОРЛ (за наявності), отриману в режимах *A*, *C* та *S*.

Радіолокаційна система має надавати радіолокаційну інформацію, що постійно оновлюється, зокрема про радіолокаційні зображення місць ПК.

Індикація радіолокаційного місця ПК може бути надана у вигляді:

- а) символа радіолокаційного місця ПК, зокрема:
 - символа, що генерується ПОРЛ;
 - символа, що генерується ВОРЛ;
 - сполучення символів, що генеруються ПОРЛ і ВОРЛ;
- б) міток, що генеруються ПОРЛ;
- в) відповідей, що генеруються ВОРЛ.

У відповідних випадках використовують символи з позначкою для відображення:

- а) кодів ВОРЛ, що дублюються;
- б) радіолокаційних треків, що не оновлювалися;
- в) екстраполяції радіолокаційних треків.

Для надання інформації у літерно-цифровій формі, отриманої за допомогою ВОРЛ, та іншої важливої інформації потрібно використовувати ФС.

Інформація у ФС має містити щонайменше:

- ◆ код ВОРЛ, що передається ПК (або пізнавальний індекс ПК, якщо здійснюється перетворення код/позивний);
 - ◆ інформацію про рівень польоту, отриману в режимі *C* ВОРЛ.
- Уся інформація у ФС надається у чіткій та стислій формі.

Формуляри супроводу пов'язуються з відповідним символом радіолокаційного місця таким чином, щоб унеможливити помилкову ідентифікацію, або незрозумілість з боку диспетчера.

5.1.2. Склад відображуваної радіолокаційної інформації

На робочому місці диспетчера УПР відображаються:

- траекторна інформація супроводжуваних ПК;
- пеленгаційна інформація;
- планова інформація;
- відеоінформація від одного з радіолокаційних комплексів;
- метеорологічна інформація, отримана з бази даних системи обробки метеорологічної інформації, або введена вручну;
- діагностична інформація;
- спеціальна інформація.

Для розв'язання потенційно конфліктних ситуацій використовують головним чином лише траекторну інформацію.

Траекторна інформація супроводжуваного ПК містить у собі:

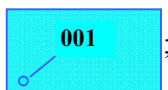
- координатну інформацію;
- параметри руху (швидкість, курс, висота);
- інші характеристики.

Зображення ПК виконується у вигляді синтетичного оцінювання місцеперебування ПК:

- якщо ПК перебуває в режимі селекції;
- якщо ПК перебуває в секторі управління РМ (формуляр супроводу);
- якщо ПК перебуває під управлінням в іншому (суміжному) секторі управління у вигляді короткого формуляра з номером сектора управління;
- якщо ввімкнено режим індивідуального розпізнавання *SPI*;
- якщо в полі команд РМ натиснуто кнопку **ВСЕ**, трирядковий формуляр ПК буде відображатися незалежно від селекції й сектора управління.

Вид оцінки відповідає одному з таких типів зображення координатного оцінювання:

- інформація тільки від ПОРЛ, ПК не взято під управління



— інформація тільки від ПОРЛ, ПК взято під управління, але не скорельовано з елементом списку планів польотів (СПП)

001
⊙ **072** ;

— інформація тільки від ВОРЛ, ПК не взято під управління

76442
⊕ **0235** ↓ ;

— інформація від ВОРЛ і ПОРЛ, ПК не взято під управління

6101
✕ **0960** ;

— інформація тільки від ВОРЛ, ПК взято під управління, але не скорельовано з елементом СПП

2601
⊕ **0360** ↓ ;

— інформація від ВОРЛ і ПОРЛ, ПК взято під управління і не скорельовано з елементом СПП

4425
⊙ **1250** ;

— інформація від ВОРЛ і ПОРЛ, ПК взято під управління та скорельовано з елементом СПП

AF350R
⊗ **0945** ;

— інформація від ВОРЛ або ВОРЛ і ПОРЛ за наявності ознаки *SPI*

2601
✕ **0360** ↓

76442
✕ **0235** ↓

AF350R
✕ **0945** .

Залежно від установлених режимів і введених команд диспетчера програмне забезпечення РМ формує для кожного ПК повний (трирядковий) формуляр, або скорочений (одно-дворядковий) ФС.

У повному формулярі міститься така інформація:

— у **першому рядку** міститься або машинний номер треку на перших трьох знакомісцях (для супроводжуваних тільки ПОРЛ), або номер борта в режимі УПР на перших п'ятьох знакомісцях, або

код відповідача в режимі *RBS* на перших чотирьох знакомісцях, або позивний ПК до семи знаків (індекс пілота, скорочена назва авіакомпанії);

— у **другому рядку** на перших чотирьох знакомісцях міститься поточна висота ПК, що становить десятки метрів (сотні футів); на п'ятому знакомісці — ознака зміни висоти; на шостому-дев'ятому знакомісцях — висота передачі управління — десятки метрів (сотні футів); на десятому-дванадцятому знакомісцях — запитуваний ешелон польоту;

— у **третьому рядку** на перших трьох знакомісцях міститься швидкість ПК (у десятках кілометрів за годину); на п'ятому-сьомому знакомісцях — курс у градусах; на дев'ятому-десятому знакомісцях — ознака робочого місця, з якого ПК узятو під управління (у квадратних дужках).

На робочих місцях термінального диспетчерського району, при ототожненні планової та радіолокаційної інформації, у третьому рядку формуляра між значенням курсу й номером робочого місця зображується символ категорії турбулентності сліду ПК. Цей символ залежно від типу ПК може мати такий вигляд:

H — важкий ПК;

M — середній ПК;

L — легкий ПК.

Примітка. Для ПК, супроводжуваних тільки ПОРЛ, висота в другому рядку не зображується.

Забарвлення формуляра та додаткові ознаки

Рядки формуляра залежно від його виду та параметрів руху ПК зафарбовують так:

◆ перший, другий і третій рядки — *світло-сірим* кольором, якщо ПК не взято під управління;

◆ якщо ПК взятий під управління, перший, другий і третій рядки — *білим*;

◆ у випадку, коли висота не достовірна, другий рядок формуляра зафарбовано у *жовтогарячий* колір;

◆ у випадку відхилення висоти польоту ПК від запланованої (призначеної) на величину, більшу від встановленої у вікні «**ППС**», значення висоти в другому рядку формуляра ПК зафарбовано в *яскраво-жовтий* колір. Причому в разі виникнення такої ситуації, другий рядок буде завжди зображуватися незалежно від загальних настроювань у вікні «**ФОРМУЛЯР**», або індивідуального настроювання формуляра ПК;

◆ якщо відбулося порушення забороненої зони, перший (а для трирядкових формулярів і третій) рядок зафарбовано у *жовтий* колір;

◆ у разі перетинання ПК межі зони мінімальної безпечної висоти на висоті, меншій за задану (H_{\min}), дійсне значення висоти в другому рядку формуляра зображується *яскраво-червоним* кольором;

◆ у разі не відновлення інформації з ПК протягом двох оглядів локатора колір формуляра стає *червоним*;

◆ формуляр супроводу ПК, що подає сигнал небезпеки, має *яскраво-червоний* колір і мерехтить. При цьому в першому рядку формуляра, праворуч від номера (позивного), додатково зображується ознака лиха;

◆ у разі виявлення короткострокового конфлікту в першому рядку формуляра супроводу ПК, праворуч від номера (позивного), додатково мерехтить ознака конфлікту **К** *червоного* кольору.

Індикація затвердження ПК для польотів у просторі *RVSM* реалізовується таким способом:

◆ для ПК, **затверджених** до польотів у повітряному просторі *RVSM*, формуляр супроводу ПК не змінюється;

◆ для **незатверджених ПК**, висота яких перебуває між ешелонами 8250 м — 13700 м (*FL270* — *FL450*), ФС зображується *жовтогарячим* кольором;

◆ для **незатверджених ПК**, яким диспетчер задає *CFL* від 8850 м (*FL290*) до 12500 м (*FL410*), ФС зображується *жовтогарячим* кольором **незалежно від фактичної поточної висоти ПК**;

◆ якщо **незатверджений ПК** є **державним ПК** (*STATE AIRCRAFT*), то додатково до *жовтогарячого* кольору в кінці другого рядка формуляра зображується буква «**М**»:

SAS772
350f M
+ — 071 [CN]

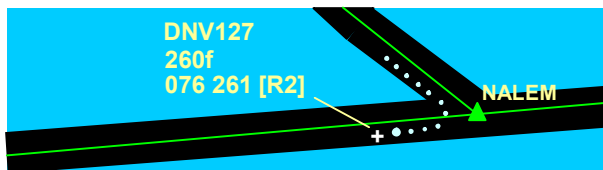
Якщо ПК не затверджено до польотів у повітряному просторі *RVSM*, але зазначені вище умови не виконуються, кольори формуляра не змінюються.

Якщо під час взяття ПК під управління колір формуляра був *жовтогарячим*, він залишиться *жовтогарячим*.

Зафарбування **частин формуляра** в разі порушення мінімальної безпечної висоти, допустимого розходження між поточною й заданою висотами, видавання ПК ознаки лиха, або інформація з ПК не відновлюється виконується так само, незалежно від статусу *RVSM*.

Відображення передісторії польоту ПК

Для зображення передісторії польоту потрібно натиснути кнопку **ТРЕК** у полі команд. В основному полі біля синтетичної оцінки місцеперебування ПК будуть зображатися крапки, залиті сірим кольором:

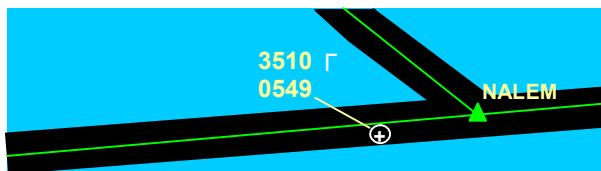


Інформацію скасовують повторним натисканням кнопки **ТРЕК** у полі команд. Кількість крапок передісторії можна налаштувати (від 1 до 30). Кожна крапка відповідає одному повному обороту антени радіолокатора.

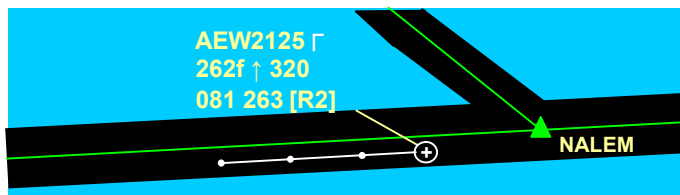
Зображення вектора екстраполяції

Для зображення вектора екстраполяції ПК потрібно навести маркер на кнопки **ВЕКТ.** у полі команд й натиснути ліву кнопку маніпулятора. В основному полі вид маркера зміниться і набуде вигляду **Г**.

За допомогою маніпулятора потрібно помістити маркер у зону формуляра обраного ПК і натиснути кнопку маніпулятора.



Біля синтетичної оцінки місцеперебування обраного ПК відповідно до його курсу буде зображатися градуйований вектор



Кількість градацій (крапок на векторі) відповідає часу екстраполяції, вираженого у хвилинах, а довжина вектора залежить від швидкості польоту ПК і масштабу зображення інформації. Час екстраполяції диспетчер може вибрати самостійно від 1 до 5 хв залежно від потреби. Для скасування вектора екстраполяції необхідно знову помістити маркер **Г** у зону формуляра обраного ПК і натиснути кнопку маніпулятора, при цьому вектор екстраполяції цього ПК буде вилучено із зображення. Описану вище процедуру можна повторити для інших ПК, що перебувають у секторі.

Для повернення первісного вигляду маркера потрібно відтиснути кнопку **ВЕКТ.** у полі команд, або натиснути праву кнопку маніпулятора.

✓ 5.2. Ідентифікація повітряного корабля

Перед забезпеченням ПК радіолокаційним обслуговуванням радіолокаційний диспетчер зобов'язаний ідентифікувати ПК та інформувати про це екіпаж. Надалі ідентифікація ПК має бути збережена до припинення радіолокаційного обслуговування.

Фразеологія	Phraseology
НАБЛЮДАЮ ПО ЛОКАТОРУ (місце)	<i>RADAR CONTACT</i> (місце)
ВЫ ОПОЗНАНЫ (місце)	<i>IDENTIFIED</i> (місце)
ВАШ КУРС (И ЭШЕЛОН ПОЛЕТА (або ВЫСОТА))	<i>REPORT HEADING (AND FLIGHT LEVEL (або ALTITUDE))</i>
ОТВЕРНИТЕ ВЛЕВО ДЛЯ ОПОЗНАВАНИЯ (або ВПРАВО) КУРС (три цифри)	<i>FOR IDENTIFICATION TURN LEFT (або RIGHT) HEADING (три цифри)</i>
ДАЙТЕ НАЖАТИЕ И ДОЛОЖИТЕ ВАШ КУРС	<i>TRANSMIT FOR IDENTIFICATION AND REPORT HEADING</i>
ВЫ НЕ ОПОЗНАНЫ (причина), (ПЕРЕХОДИТЕ НА) або (ПРОДОЛЖАЙТЕ) ПОЛЕТ ПО СВОИМ СРЕДСТВАМ	<i>NOT IDENTIFIED</i> (причина) (<i>RESUME</i> або <i>CONTINUE</i>) <i>OWN NAVIGATION</i>)

У випадку втрати радіолокаційної ідентифікації (втрата індикації радіолокаційного місця на час, що перевищує три періоди відновлення інформації) радіолокаційний диспетчер інформує про це екіпаж ПК.

Фразеологія	Phraseology
ОПОЗНАВАНИЕ БУДЕТ КРАТКОВРЕМЕННО ПОТЕРЯНО (<i>відповідні інструкції або інформація</i>)	<i>WILL SHORTLY LOSE IDENTIFICATION</i>
ОПОЗНАВАНИЕ ПОТЕРЯНО	<i>IDENTIFICATION LOST</i> (причина), (інструкції)
ПО ЛОКАТОРУ НЕ НАБЛЮДАЮ	<i>RADAR CONTACT LOST</i>

5.2.1. Правила ідентифікації повітряного корабля у разі використання вторинного оглядового радіолокатора

У разі використання ВОРЛ ПК можна ідентифікувати одним або декількома методами:

а) ідентифікація індексу ПК у формулярі супроводження. Застосування цього методу потребує успішного забезпечення кореляції коду/позивного з урахуванням підпункту «б»;

б) ідентифікація призначеного коду ВОРЛ, установлення якого було перевірено, у формулярі супроводження;

в) передача радіолокаційної ідентифікації;

г) спостереження за виконанням вказівки про встановлення конкретного коду ВОРЛ;

д) спостереження за виконанням вказівки «ОТВЕТЧИК В РЕЖИМ ОПОЗНАВАНИЯ» «*SQUAWK IDENT*» (використання режиму відповідача *SPI*).

В АС УПР відповідь на використання сигналу «*IDENT*» може виводитися на радіолокаційний дисплей неоднаково, наприклад, у вигляді блимання всієї або частини інформації про радіолокаційне місце (формуляра супроводження).

Спотворення відповідей відповідача може викликати появу індикації типу «*IDENT*». Майже одночасні передачі в режимі «ОПОЗНАВАНИЕ» «*IDENT*» у межах одного й того самого диспетчерського району можуть призвести до помилок під час ідентифікації ПК.

Фразеологія	Phraseology
НАБЛЮДАЮ ПО ЛОКАТОРУ (<i>місце</i>)	<i>RADAR CONTACT</i> (місце)
НЕ НАБЛЮДАЮ ПО ЛОКАТОРУ (<i>причина</i>), (<i>інструкції</i>)	<i>NEGATIVE RADAR CONTACT</i> (причина), (інструкції)

У тих випадках, коли ПК було призначено дискретний код ВОРЛ, за першої можливості перевіряється відповідність призначеного диспетчером повітряного руху цьому ПК коду ВОРЛ, який

встановлений екіпажем ПК. Дискретний код ВОРЛ використовують як підставу для ідентифікації тільки після проведення такої перевірки.

5.2.2. Правила ідентифікації у разі використання первинного оглядового радіолокатора

Якщо ВОРЛ не використовується, або його немає, радіолокаційну ідентифікацію виконують одним із таких методів:

1. Установлення взаємозв'язку між конкретною індикацією радіолокаційного місця ПК, екіпаж якого повідомляє про своє місце над точкою, зазначеною на радіолокаційній карті, або про пеленг та відстань від цієї точки та встановлення факту збігу треку конкретної індикації радіолокаційного місця з траєкторією польоту або повідомленим курсом ПК.

Використовуючи цей метод, варто виявляти обережність, оскільки дані про місцеперебування ПК, що повідомляються екіпажем відносно будь-якої точки, можуть не збігатися повністю з індикацією радіолокаційного місця ПК на радіолокаційній карті. У зв'язку з цим до технології роботи диспетчерів можуть додаватися додаткові умови застосування цього методу, наприклад:

— рівень (або рівні), вище за який (або за які) цей метод не може застосовуватися до визначених навігаційних засобів; або

— відстань від місця розташування радіолокатора, за межами якого не може застосовуватися цей метод.

Термін «точка» стосується географічної точки, яка може відповідати призначенню радіолокаційної ідентифікації. Цю точку обладнано радіонавігаційними засобами або засобом.

Фразеологія	Phraseology
ДАЙТЕ НАЖАТИЕ И ДОЛОЖИТЕ КУРС	<i>TRANSMIT FOR IDENTIFICATION AND REPORT HEADING</i>

2. Установлення взаємозв'язку між індикацією радіолокаційного місця ПК та ПК, про який відомо, що він щойно виконав зліт, за умови, що ідентифікація ПК установлюється в межах 2 км (1 м. миля) від кінця робочої злітно-посадкової смуги (ЗПС). Тому цьому ПК необхідно приділити особливу увагу, щоб не сплутати його з ПК, які:

— виконують політ у зоні очікування над аеродромом, або пролітають над ним, або

— вилітають із сусідніх ЗПС, або

— виконують процедуру в разі невдалого заходження на посадку.

3. Передавання радіолокаційної ідентифікації.

4. Задання курсу екіпажу ПК та спостереження протягом певного періоду часу за його треком:

— видаючи екіпажу ПК вказівки, виконати одну або кілька змін курсу в межах 30° або більше, та встановлюючи взаємозв'язок між змінами одного конкретного радіолокаційного відображення та спостереження за виконанням ПК наданих йому вказівок;

— устанавлюючи взаємозв'язок між змінами конкретної індикації радіолокаційного місця ПК та щойно виконаними ПК маневрами, про які було повідомлено.

Фразеологія	Phraseology
ОТВЕРНИТЕ ВЛЕВО (або ВПРАВО) КУРС (три цифри) ДЛЯ ОПОЗНАВАННЯ	FOR IDENTIFICATION TURN LEFT (або RIGHT) HEADING (три цифри)

Під час використання цих методів радіолокаційний диспетчер:

— перевіряє, чи зміна не більше однієї індикації радіолокаційного місця ПК відповідає переміщенню ПК; та

— вживає заходів для того, щоб унаслідок виконання маневру (маневрів) ПК не опинився за межами дії радіолокатора (радіолокаційного дисплею).

У разі застосування цих методів у диспетчерських районах, де, як правило, змінюються маршрути, варто виявляти обережність.

5.2.3. Інформація про місцеперебування повітряного корабля

Під час радіолокаційного обслуговування слід передавати екіпажу ПК інформацію про його місцеперебування в таких випадках:

а) після ідентифікації ПК, за винятком випадків, коли ідентифікація ПК устанавлюється:

— на підставі доповіді екіпажу ПК про своє місцеперебування, або у межах 2 км від ЗПС після зльоту та спостереження узгоджуються з часом вильоту ПК; або

— у разі використання призначених дискретних кодів ВОРЛ та індикації радіолокаційного місцеперебування ПК, узгодженого з поточним планом польоту ПК; або

— під час передавання радіолокаційної ідентифікації;

б) коли екіпаж ПК запитав цю інформацію;

в) коли розрахункові дані екіпажу ПК значно відрізняються від розрахункових даних радіолокаційного диспетчера, що ґрунтується на радіолокаційному спостереженні;

г) коли екіпажу ПК дається вказівка перейти на самостійну навігацію після радіолокаційного наведення, якщо поточні інструкції відхилили ПК від заданого маршруту;

д) негайно перед завершенням радіолокаційного обслуговування, якщо спостерігається відхилення ПК від його заданого маршруту.

Радіолокаційний диспетчер передає екіпажу ПК інформацію про його місцеперебування одним з таких способів:

а) як добре відоме географічне місце;

б) як магнітний трек та відстань до основної точки на маршруті маршрутного навігаційного засобу або навігаційного засобу заходження на посадку;

в) як напрямок (за компасом) та відстань від відомої точки;

г) як відстань від точки приземлення, якщо ПК перебуває на сегменті кінцевого заходження на посадку; або

д) як відстань та напрямок від осі маршруту ОПП.

Фразеологія	Phraseology
МЕСТО (відстань) (напрямок від точки) (або НАД, або НА ТРАВЕР-ЗЕ (точки))	<i>POSITION</i> (відстань) (напрямок) від (точки) (або <i>OVER</i> , або <i>ABEAM</i> (точки))
ПОЛЕТ ПО СВОИМ СРЕДСТВАМ (ПРЯМО НА (пункт)) МАГНИТ-НЫЙ ТРЭК (три цифри) РАССТО-ЯНИЕ (число) КИЛОМЕТРОВ	<i>RESUME OWN NAVIGATION (DIRECT (пункт) MAGNETIC TRACK (три цифри) DISTANCE KILOMETRES)</i>
МЕСТО (відстань) (напрямок у компасному відліку) (пункт)	<i>POSITION</i> (відстань) (напрямок у компасному відліку) <i>OF</i> (пункт)
(відстань)	(відстань) <i>FROM TOUCHDOWN</i>
(число) КИЛОМЕТРОВ ЛЕВБЕЕ (або ПРАВЕЕ ТРЭКА)	(число) <i>KILOMETRES LEFT</i> (або <i>RIGHT) OF TRACK</i>

У всіх випадках, коли це можливо, інформація про місцеперебування ПК пов'язується з точками або маршрутами, які стосуються навігації відповідних ПК та які зображено на радіолокаційній карті.

Отримавши відповідне повідомлення, пілот може не доповідати про проліт пунктів обов'язкової доповіді, або пунктів доповіді, визначених відповідним органом ОПП, включаючи пункти, у яких потрібно передавати метеорологічну інформацію.

Пілоти знову починають доповідати про місцеперебування, коли отримують на це відповідну вказівку та коли їм повідомляють про припинення радіолокаційного обслуговування, або в разі втрати радіолокаційної ідентифікації.

✓ 5.3. Управління швидкістю повітряних кораблів

5.3.1. Управління швидкістю у горизонтальній площині

Для забезпечення безпечного та впорядкованого потоку повітряного руху, радіолокаційних інтервалів між ПК та зменшення потреби у радіолокаційному наведенні радіолокаційний диспетчер може давати екіпажам ПК, яким надається радіолокаційне обслуговування, указівки відповідним чином скоригувати швидкість польоту. Екіпажам ПК може даватися вказівка витримувати:

- максимальну швидкість (*maximum speed*);
- мінімальну швидкість з прибраною механізацією та шасі (*minimum clean speed*);
- мінімальну швидкість заходження на посадку (мінімальну швидкість з випущеною механізацією та шасі — *minimum approach speed*);
- конкретно вказану швидкість.

Примітка. Управління швидкістю протягом тривалого часу може негативно вплинути на витрату палива ПК.

Фразеологія	Phraseology
ВЫДЕРЖИВАЙТЕ (величина швидкості) КИЛОМЕТРОВ В ЧАС	MAINTAIN (величина швидкості) KILOMETRES PER HOUR
УМЕНЬШИТЕ СКОРОСТЬ ДО МИНИМАЛЬНОЙ	REDUCE TO MINIMUM CLEAN SPEED
НЕ ПРЕВЫШАЕТЕ (величина швидкості) КИЛОМЕТРОВ В ЧАС	DO NOT EXCEED (величина швидкості) KILOMETRES PER HOUR
УСТАНОВИТЕ НОРМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ	RESUME NORMAL SPEED
УМЕНЬШИТЕ СКОРОСТЬ ЗАХОДА ДО МИНИМАЛЬНОЙ	REDUCE TO MINIMUM APPROACH SPEED
ВЫДЕРЖИВАЙТЕ (величина) МАХА [ИЛИ БОЛЬШЕ (ИЛИ МЕНЬШЕ)] ДО (основна точка)	MAINTAIN MACH [OR GREATER (OR LESS)] UNTIL (основна точка)
НЕ ПРЕВЫШАЙТЕ (величина) МАХА	DO NOT EXCEED (величина) MACH

На рівнях *FL* 250 або вище коригувати швидкість слід за значеннями, кратними 0,01 Маха, а на рівнях нижчих за *FL* 250 — значеннями приладової швидкості (*IAS*), — 20 км/год.

Для підтримання потрібного інтервалу відповідно до методів управління швидкістю ПК потрібно призначати конкретні швидкості.

Екіпаж ПК інформує радіолокаційного диспетчера про всі випадки, коли він не може виконати вказівку щодо витримування швидкості. У такому разі радіолокаційний диспетчер застосовує альтернативний метод забезпечення потрібного інтервалу між ПК.

Коригування швидкості потрібно обмежувати граничними значеннями, необхідними для встановлення та/або витримування потрібного мінімуму, або інтервалу ешелонування. Треба уникати надання вказівок, які передбачають часту зміну швидкості, зокрема поперемінне збільшення та зменшення швидкості.

Повітряним кораблям, у разі практичної можливості, потрібно дозволяти реалізовувати період оголошення затримки в районі аеродрому, зменшуючи політ у крейсерському режимі на останній ділянці його польоту. Для встановлення необхідного інтервалу між двома або декількома ПК, що прямують один за одним, диспетчеру потрібно в першу чергу або зменшити швидкість ПК, який прямує позаду, або збільшити швидкість ПК, який прямує попереду, а потім скоригувати швидкості інших ПК.

Примітки. 1. У разі витримування постійної швидкості IAS істинна повітряна швидкість (TAS) ПК буде зменшуватися під час зниження. Якщо знижуються два ПК, а лідируючий ПК перебуває на меншій висоті з однаковою IAS, TAS лідируючого ПК буде меншою, ніж у ПК, який прямує за ним. Таким чином, відстань між цими ПК буде зменшуватися, якщо не використовується достатня різниця швидкостей. Для розрахунку необхідної різниці швидкостей між двома ПК, що прямують один за одним, швидкість 11 км/год (6 вузлів) IAS на 300 м (1000 футів) різниці висот можна використовувати як загальне правило. На висотах, нижчих від 2450 м, для цілей управління швидкістю різницю між IAS та TAS можна не враховувати.

2. Час та відстань, потрібні для досягнення необхідного інтервалу будуть збільшуватися, коли ПК виконуватимуть політ на більших висотах, з більшими швидкостями та перебуватимуть у конфігурації з прибраними закрілками і шасі.

Управління швидкістю не застосовують до ПК, що входять або перебувають у зоні очікування. Радіолокаційному диспетчеру слід уникати видачі вказівок екіпажам ПК одночасно витримувати високі швидкості зниження й зменшені швидкості польоту, оскільки такі маневри зазвичай не сумісні. Радіолокаційному диспетчеру потрібно враховувати, що турбореактивним ПК, що заходять на посадку нижче від *FL150*, можна зменшувати швидкість до 400 км/год (не менше), яка, як правило, відповідає мінімальній швидкості турбореактивного ПК з прибраними механізацією та шасі. На відстанях від 30 до 8 км від торця ЗПС радіолокаційний диспетчер може зменшувати швидкість турбореактивним ПК до 300 км/год (не менше).

Повітряним кораблям, що перебувають на проміжному та заключному сегментах заходження на посадку, швидкість треба коригувати в межах, що не перевищують ± 40 км/год. Управління швидкістю не слід застосовувати після точки, що розміщена на відстані 8 км від порога ЗПС на сегменті заключного заходження на посадку.

Фразеологія	Phraseology
УМЕНЬШИТЕ (УВЕЛИЧТЕ) СКОРОСТЬ НА (значення збільшення (зменшення) швидкості ± 40 км/год) КИЛОМЕТРОВ В ЧАС	INCREASE (або REDUCE) SPEED BY (значення збільшення (зменшення) швидкості ± 40 км/год) KILOMETRES PER HOUR

Радіолокаційний диспетчер тільки в окремих випадках повинен надавати вказівку екіпажу ПК щодо зменшення швидкості до мінімальної з випущеною механізацією та шасі. У разі видачі дозволу на виконання процедури заходження на посадку радіолокаційний диспетчер у разі потреби, підтверджує надані вказівки щодо витримування швидкості *IAS*. Надання дозволу на виконання процедури заходження на посадку анулює будь-які попередні обмеження щодо витримування швидкості. Екіпажу відповідного ПК повідомляється про те, що потреби надалі керувати швидкістю немає.

Фразеологія	Phraseology
ОГРАНИЧЕНИЙ ПО СКОРОСТИ НЕТ	NO (ATC) SPEED RESTRICTIONS

5.3.2. Управління швидкістю у вертикальній площині

Для забезпечення мінімуму вертикального ешелонування між ПК, що виконують зниження або набирання висоти, радіолокаційний диспетчер може давати екіпажам ПК вказівки щодо встановлення швидкості набирання висоти або швидкості зниження. Екіпажі ПК можуть отримувати вказівки витримувати швидкості:

- зниження або набирання висоти;
- зниження або набирання висоти, що дорівнює або більша від встановленого значення;
- зниження або набирання висоти, що дорівнює або менша від встановленого значення.

Фразеологія	Phraseology
НАБИРАЙТЕ (або СНИЖАЙТЕСЬ) (рівень) С ВЕРТИКАЛЬНОЙ (величина) МЕТРОВ В СЕКУНДУ	CLIMB (або DESCEND) TO (рівень) AT (величина) METRES PER SECOND

Фразеологія	Phraseology
НАБИРАЙТЕ (або СНИЖАЙТЕСЬ) (рівень) С ВЕРТИКАЛЬНОЙ (величина) МЕТРОВ В СЕКУНДУ ИЛИ БОЛЕЕ	<i>CLIMB</i> (або <i>DESCEND</i>) <i>TO</i> (рівень) <i>AT</i> (величина) <i>METRES PER SECOND OR GREATER</i>
НАБИРАЙТЕ (або СНИЖАЙТЕСЬ) (рівень) С ВЕРТИКАЛЬНОЙ (величина) МЕТРОВ В СЕКУНДУ ИЛИ МЕНЕЕ	<i>CLIMB</i> (або <i>DESCEND</i>) <i>TO</i> (рівень) <i>AT</i> (величина) <i>METRES PER SECOND OR LESS</i>

Радіолокаційний диспетчер може надавати вказівку екіпажу ПК зменшити або збільшити швидкість зниження або швидкість набирання висоти до досягнення або перетину встановленого рівня.

Використовуючи управління вертикальною швидкістю, диспетчер має бути впевнений у тому, до якого ешелону (висоти) ПК може витримувати встановлену швидкість набору висоти, або у випадку, коли ПК знижується, — установлену швидкість зниження. При цьому, у разі потреби, диспетчер гарантує можливість своєчасного використання альтернативних методів забезпечення ешелонування.

Примітка. Диспетчери повинні мати інформацію про ЛТХ та обмеження ПК за одночасного використання обмежень горизонтальної та вертикальної швидкостей.

Фразеологія	Phraseology
УСКОРЬТЕ НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) [ДО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ (рівень)]	<i>EXPEDITE CLIMB</i> (або <i>DESCENT</i>) [<i>UNTIL PASSING</i> (рівень)]

Екіпаж ПК інформує радіолокаційного диспетчера про всі випадки, коли він не може виконати вказівку щодо витримування заданої вертикальної швидкості зниження або швидкості набирання висоти.

У такому разі радіолокаційний диспетчер негайно застосовує альтернативний метод забезпечення відповідного мінімуму ешелонування ПК, своєчасне застосування якого повинно бути гарантовано. Радіолокаційному диспетчеру слід уникати надання вказівок екіпажу ПК, які передбачають часту зміну швидкості зниження або швидкості набирання висоти.

Радіолокаційний диспетчер не застосовує управління вертикальною швидкістю ПК, що входить або перебуває у зоні очікування. Якщо немає потреби надалі обмежувати вертикальну швидкість зниження або швидкість набирання висоти, радіолокаційний диспетчер повідомляє про це екіпаж відповідного ПК.

Фразеологія	Phraseology
УСТАНОВИТЕ НОРМАЛЬНУЮ СКОРОСТЬ НАБОРА (або СНИЖЕНИЯ)	RESUME NORMAL RATE OF CLIMB (або DESCENT)

✓ 5.4. Радіолокаційне наведення

Радіолокаційне наведення — важливий інструмент у роботі диспетчера радіолокаційного контролю для встановлення необхідних інтервалів та їх витримування. Оскільки це головне завдання УПР, потрібно чітко уявляти, як застосовується радіолокаційне наведення.

Радіолокаційне наведення — курс, виданий ПК по локатору для забезпечення навігаційних цілей.

Застосування радіолокаційного наведення

Радіолокаційне наведення застосовують:

1. У контрольованому повітряному просторі для встановлення потрібних інтервалів, забезпечення безпеки, запобігання зіткненням, обходу зон небезпечних метеорологічних явищ, допомоги ПК, що зазнають лиха, під час аварійно-рятувальних робіт, для забезпечення процедур зі зменшення шумів, ефективності УПР (спрямлення маршрутів), розподілу потоків і за запитом екіпажу.

2. На і вище мінімальної висоти радіолокаційного наведення, або на мінімальній висоті польоту за правилами візуальних польотів (ПВП), крім випадків повторного заходу на посадку, заходу на посадку по локатору й вильотів.

3. У зоні відповідальності УПР, якщо не визначено інакше.

4. Для того щоб дозволити відновити політ за своїми засобами у межах зони дії локатора.

Методи радіолокаційного наведення

1. Радіолокаційне наведення виконують за методом зазначення напрямку розвороту (вліво, вправо) і магнітного курсу польоту.

Фразеологія	Phraseology
ОТВЕРНИТЕ ВЛЕВО, КУРС (три цифри)	TURN LEFT HEADING (три цифри)

2. Якщо поточний курс ПК невідомий і час не дає змогу з'ясувати це, радіолокаційний диспетчер указує:

— напрямок розвороту та кількість градусів, на які має розвернутися ПК (одна, дві або три цифри з додаванням слова ГРАДУСОВ (DEGREES));

— курс, який повинен витримувати екіпаж ПК після виконання розвороту (три цифри).

Фразеологія	Phraseology
ОТВЕРНИТЕ ВЛЕВО (ВПРАВО) (<i>кількість градусів</i>) ГРАДУСОВ	<i>TURN LEFT (RIGHT) HEADING</i> (кількість градусів) <i>DEGREES</i>
ОТВЕРНИТЕ (<i>кількість градусів</i>) ГРАДУСОВ ВЛЕВО (ВПРАВО)	<i>TURN</i> (кількість градусів) <i>DEGREES LEFT (RIGHT)</i>
СЛЕДОВАТЬ КУРСОМ (<i>три цифри</i>) (ЕСЛИ ГОТОВЫ, СЛЕДУЙТЕ ПРЯМО НА (<i>назва пункту</i>))	<i>FLY HEADING</i> (три цифри), (<i>WHEN ABLE PROCEED DIRECT</i> (назва пункту))

3. У разі відмови курсової системи надається інформація про тип радіолокаційного наведення, напрямок розвороту і команду на припинення розвороту.

4. На початку радіолокаційного наведення проінформувати пілота про цілі наведення.

Фразеологія	Phraseology
НАВЕДЕНИЕ ДЛЯ ВЫХОДА НА (<i>точка або маршрут</i>)	<i>VECTOR TO</i> (точка або маршрут)
НАВЕДЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРВАЛА	<i>VECTOR FOR SPACING</i>
НАВЕДЕНИЕ ДЛЯ ЗАХОДА НА ПОСАДКУ (<i>тип заходу</i>)	<i>VECTOR FOR</i> (тип заходу) <i>FINAL APPROACH</i>

5. Видавати у разі радіолокаційного наведення висоту та інші відповідні обмеження у випадку, якщо:

— радіолокаційне наведення виведе ПК із запланованої процедури, що містить висотні інструкції (наприклад, інструментальний захід);

— попередня команда містила обмеження.

6. Указати пілоту його наступні дії після закінчення наведення.

7. Забезпечувати наведення доти, доки ПК перебуває у межах маршрутів контрольованих по радіолокатору польотів. У разі радіолокаційного наведення варто враховувати вплив швидкості ПК на радіус розвороту. Для того щоб вивести ПК у задану точку, потрібно враховувати час подачі команди на наведення (ПК із більшою швидкістю — раніше, із меншою швидкістю — пізніше). Для розведення курсами двох ПК з різними швидкостями доцільніше відвертати ПК із меншою швидкістю. Ще одним практичним принципом радіолокаційного наведення для створення інтервалу є *своєчасність* — запізнилася команда спричинить додаткові команди на розворот.

Радіолокаційне наведення для польотів за ПВП застосовують:

— за запитом екіпажу;

— за пропозицією диспетчера (за згоди екіпажу).

Радіолокаційне наведення забезпечується за допомогою вказівки курсів, які дозволять ПК витримувати лінію шляху. Для наведення ПК диспетчер повинен дотримуватися такого порядку:

а) у всіх випадках, коли це можливо, ПК варто наводити по маршрутах або лінії шляху, на яких пілот може стежити за місцезнаходженням ПК, використовуючи для цього показання навігаційних приладів (це дасть змогу звести до мінімуму обсяг необхідного радіолокаційного сприяння і зменшити наслідки відмов локатора);

б) коли ПК наводиться з відхиленням від заздалегідь заданого маршруту, пілоту варто повідомляти, якщо це не зрозуміло само собою, про цілі такого наведення і по можливості вказувати межу наведення;

в) ПК, що виконують контрольовані польоти, не слід виводити в неконтрольований повітряний простір, крім випадків, коли виникає аварійна ситуація, або необхідно обійти район з небезпечними явищами погоди (про які пілот повинен бути проінформований), або є спеціальний запит пілота;

г) у випадку, коли пілот повідомляє про ненадійну роботу приладів, що вказують напрямок, перед наданням вказівок щодо маневрування, пілоту варто передавати команду виконувати всі розвороти з погодженою кутковою швидкістю й виконувати вказівки негайно після їх отримання.

Для наведення ПК, що виконують політ за правилами польотів за приладами (ППП), диспетчер РЛК видає такі дозволи, щоб завжди зберігався достатній запас висоти над місцевістю доти, доки ПК не досягне точки, де пілот перейде до самостійної навігації.

5.5. Призначення рівнів польоту повітряним кораблям, що виконують контрольований політ

Екіпажам ПК, що виконують контрольовані польоти, диспетчер повітряного руху призначає такі рівні:

— абсолютні висоти, виражені у метрах, під час польотів на/або нижче від абсолютної висоти переходу;

— ешелони польоту, виражені у номерах ешелону або у метрах (якщо це передбачено відповідною угодою між органами ОНР (LOA), під час польотів на/або вище від найнижчого ешелону польоту — ешелону переходу).

Примітка. Під час польотів за ПВП у повітряному просторі класів *C* та *D* крейсерські рівні польотів за ПВП не використовуються.

За наявності практичної можливості диспетчер повітряного руху призначає рівень, який запитує екіпаж ПК, або який зазначено в плані польоту; ПК, який прямує на крейсерському рівні, має пріоритет перед ПК, який запитує цей рівень. Коли два або більше ПК перебувають на одному крейсерському рівні, ПК, що прямує попереду, має пріоритет за інших однакових умов.

Диспетчер призначає рівень у такий спосіб:

- ешелон або висоту, на якій ПК має перебувати;
- ешелон або висоту, до якої ПК має набирати висоту, або знижуватися;
- ешелон або висоту над визначеною точкою (основною точкою, точкою передачі контролю тощо).

У фразеології англійською мовою є слова, що пов'язані з висотою і неправильне тлумачення яких може призвести до непередбачених наслідків. Органи ОНР і пілоти повинні твердо знати і чітко відрізняти такі висоти:

- **Flight Level** відповідає тиску *QNE* — 1013,2 mb (760 мм рт.ст.);
- **Altitude** відповідає тиску *QNH* — зведеному до рівня моря;
- **Height** відповідає тиску *QFE* — тиску порога ЗПС.

Примітка. Під час ведення радіообміну російською мовою фраза «ЭШЕЛОН ПОЛЕТА» може скорочуватися до «ЭШЕЛОН».

Фразеологія	Phraseologies
ЭШЕЛОН ПОЛЕТА (<i>номер</i>)	<i>FLIGHT LEVEL</i> (<i>номер</i>)
(<i>число</i>) МЕТРОВ (ФУТОВ)	(<i>число</i>) <i>METRES (FEET)</i>
НАБИРАЙТЕ (<i>або</i> СНИЖАЙТЕСЬ); далі, у разі потреби, зазначається: 1) (<i>рівень</i>); 2) И ВЫДЕРЖИВАЙТЕ ВЫСОТУ В ИНТЕРВАЛЕ ОТ (<i>рівень</i>) ДО (<i>рівень</i>); 3) ЧТОБЫ ЗАНЯТЬ (<i>рівень</i>) В (<i>або</i> НА) (<i>час або основна точка</i>); 4) ДОЛОЖИТЕ ОСВОБОЖДЕНИЕ (<i>або</i> ЗАНЯТИЕ, <i>або</i> ПЕРЕСЕЧЕНИЕ) (<i>рівень</i>)	<i>CLIMB</i> (<i>або</i> <i>DESCEND</i>); далі, у разі потреби, зазначається: 1) <i>TO</i> (<i>рівень</i>); 2) <i>TO AND MAINTAIN BLOCK</i> (<i>рівень</i>) <i>TO</i> (<i>рівень</i>); 3) <i>TO REACH</i> (<i>рівень</i>) <i>AT</i> (<i>або</i> <i>BY</i>) (<i>час або основна точка</i>); 4) <i>REPORT LEAVING</i> (<i>або</i> <i>REACHING</i> , <i>або</i> <i>PASSING</i>) (<i>рівень</i>)
ЗАПРОСИТЕ ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ (<i>або</i> ЭШЕЛОНА ПОЛЕТА, <i>або</i> ВЫСОТЫ) У (<i>назва органу</i>) [В (<i>час або основна точка</i>)]	<i>REQUEST LEVEL</i> (<i>або</i> <i>FLIGHT LEVEL</i> , <i>або</i> <i>ALTITUDE</i>) <i>CHANGE FROM</i> (<i>назва органу</i>) [<i>AT</i> (<i>час або основна точка</i>)]

Фразеологія	Phraseologies
ПРЕКРАТИТЕ НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) НА (рівень)	<i>STOP CLIMB</i> (або <i>DESCENT</i>) <i>AT</i> (рівень)
ПРОДОЛЖАЙТЕ НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) (рівень)	<i>CONTINUE CLIMB</i> (або <i>DESCENT</i>) <i>TO</i> (рівень)
УСКОРЬТЕ НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) [ДО ПЕРЕСЕЧЕНИЯ (рівень)]	<i>EXPEDITE CLIMB</i> (або <i>DESCENT</i>) [<i>UNTIL PASSING</i> (рівень)]
ПО ГОТОВНОСТІ НАБИРАЙТЕ (або СНИЖАЙТЕСЬ) ДО (рівень)	<i>WHEN READY CLIMB</i> (або <i>DESCENT</i>) <i>TO</i> (рівень)
ОЖИДАЙТЕ НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) В (час або основна точка)	<i>EXPECT CLIMB</i> (або <i>DESCEND</i>) <i>AT</i> (час або основна точка)
* ПРОШУ СНИЖЕНИЕ В (час)	* <i>REQUEST DESCENT AT</i> (час)
НЕМЕДЛЕННО	<i>IMMEDIATELY</i>
ПОСЛЕ ПРОЛЁТА (основна точка);	<i>AFTER PASSING</i> (основна точка)
В (час або основна точка)	<i>AT</i> (час або основна точка)
ПО ГОТОВНОСТИ (вказівка)	<i>WHEN READY</i> (вказівка)
ВЫДЕРЖИВАЙТЕ ИНТЕРВАЛ ВИЗУАЛЬНО [ОТ (рівень)] [ДО (рівень)]	<i>MAINTAIN OWN SEPARATION AND VMC [FROM (рівень)] [TO (рівень)]</i>
ЕСЛИ НЕВОЗМОЖНО (альтернативні вказівки) И СООБЩИТЕ	<i>IF UNABLE</i> (альтернативні вказівки) <i>AND ADVISE</i>
* фразеологія, яку використовує пілот	

Польоти за ППП виконуються на заданих ешелонах (висотах) відповідно до правил вертикального та горизонтального ешелонування з дотриманням заданих режимів польоту та за встановленими маршрутами ОПР.

Орган ОПР повинен призначати лише один рівень ПК, що прямує за межі його диспетчерського району, тобто такий рівень, на якому ПК буде входити у наступний район, крім випадків, коли умови руху та процедури координації дають змогу виконати крейсерський набір незалежно від того чи є цей район прилеглим, чи ні. У такому разі орган ОПР, що приймає, відповідає за надання дозволу на подальший набір, якщо це потрібно. У разі потреби ПК буде повідомлено про те, що для будь-яких бажаних змін крейсерського рівня польоту за маршрутом слід зробити запит.

Якщо необхідно змінити крейсерський рівень ПК, який виконує політ уздовж устанавленого маршруту ОНР, що перебуває частково в межах і частково поза межами контрольованого повітряного простору, та де відповідні послідовні серії крейсерських рівнів не є ідентичними, щоразу, коли це можливо, змінювати рівні потрібно в межах контрольованого повітряного простору.

Коли ПК надано дозвіл на вхід у диспетчерський район на крейсерському рівні, який нижче від мінімального крейсерського рівня, устанавленого для наступної частини маршруту, органу ОНР, у район відповідальності якого входить ПК, слід видати переглянутий дозвіл ПК, навіть якщо екіпаж не запитував необхідної зміни крейсерського рівня. За практичної можливості ПК, які прямують до одного й того ж місця призначення, крейсерські рівні потрібно призначати таким чином, щоб враховувалась черговість заходжень на посадку на аеродром призначення. Рівень польоту змінюється з дозволу органу ОНР, за винятком випадків створення загрози безпеці польотів, де командир ПК надається право самостійно змінювати ешелон польоту з негайною доповіддю про це відповідному органу ОНР.

✓ 5.6. Аналіз повітряної ситуації та попередження розвитку потенційно конфліктних ситуацій

Для попередження ПКС диспетчер, надаючи радіолокаційне обслуговування, повинен виконувати такі дії:

1. Постійно зберігати ідентифікацію ПК, здійснювати радіолокаційний моніторинг виконання екіпажем ПК диспетчерських дозволів і вказівок.

2. Відповідно до тенденції скорочення встановлених інтервалів горизонтального ешелонування між ПК, що виконують польоти за ППП:

а) інформувати екіпажі ПК про:

— пеленг на ПК, що створює конфліктну ситуацію, який відраховується за умовним годинниковим циферблатом;

Фразеологія	Phraseology
БОРТ НА (число) ЧАСОВ (відстань) (напрямок польоту) [будь-яка інша доречна інформація]	TRAFFIC (число) O'CLOCK (відстань) (напрямок польоту) [будь-яка інша доречна інформація]

— відстань (у кілометрах) від ПК, що створює ПКС;

— напрямок, за яким, як вважається, рухається ПК, що створює конфліктну ситуацію;

Фразеологія	Phraseology
ВСТРЕЧНЫЙ (або ПОПУТНЫЙ)	<i>OPPOSITE</i> (або <i>SAME</i>) <i>DIRECTION</i>
ОБГОНЯЕТ	<i>OVERTAKING</i>
ПЕРЕСЕКАЕТ СЛЕВА НАПРАВО (або СПРАВА НАЛЕВО)	<i>CROSSING LEFT TO RIGHT</i> (або <i>RIGHT TO LEFT</i>)

— ешелон (висоту) і тип ПК, або, якщо це невідомо, відносну швидкість ПК, що створює конфліктну ситуацію.

Фразеологія	Phraseology
СЛЕДУЕТ С МАЛОЙ СКОРОСТЬЮ	<i>SLOW MOVING</i>
СЛЕДУЕТ С БОЛЬШОЙ СКОРОСТЬЮ	<i>FAST MOVING</i>
СБЛИЖАЕТСЯ	<i>CLOSING</i>
<i>Тип ПК</i>	Тип ПК
<i>Рівень</i>	Рівень
В НАБОРЕ (або В СНИЖЕНИИ)	<i>CLIMBING</i> (або <i>DESCENDING</i>)

Інформацію про рівень польоту, отриману в режимі *C* ВОРЛ, навіть якщо вона не перевірена, потрібно використовувати для надання інформації про небезпеку зіткнення, оскільки така інформація, особливо якщо вона надійшла від ПК, про який інших даних немає (наприклад, від ПК, що виконує політ за ПВП), може полегшити встановлення ступеня небезпеки зіткнення. Якщо інформацію про висоту польоту отримано з інших джерел і її не перевірено (тому вважається ненадійною), треба інформувати про це пілота;

б) забезпечити вертикальне ешелонування, або

в) застосувати радіолокаційне наведення, або

г) відрегулювати швидкості ПК у горизонтальній площині.

3. Якщо траєкторія руху ПК, що виконує політ за ПВП, призводить до виникнення ПКС з ПК, що виконує політ за ППП, треба:

а) інформувати екіпажі про рух;

б) проаналізувати метеорологічну ситуацію;

в) запросити в екіпажу ПК, що виконує політ за ППП, необхідність радіолокаційного наведення, або зміни рівня;

г) за запитом екіпажу забезпечити вертикальне ешелонування, або радіолокаційне наведення;

д) інформувати екіпажі ПК про закінчення ПКС.

Фразеологія	Phraseology
С БОРТОМ РАЗОШЛИСЬ (відповідні інструкції)	CLEAR OF TRAFFIC (відповідні інструкції)

4. У разі появи нерозпізнаних цілей, траєкторії руху яких ведуть до виникнення ПКС, треба:

а) надати інформацію екіпажу ідентифікованого ПК про загрозу зіткнення і рекомендації щодо запобігання зіткненням;

б) по можливості надати інформацію про рівень польоту нерозпізнаної цілі, навіть якщо таку інформацію не перевірено;

в) не допускати сходження або накладання радіолокаційних зображень місця ПК.

Фразеологія	Phraseology
НЕИЗВЕСТНЫЙ БОРТ (значення) ЧАСОВ (відстань) (напрямок польоту)	TRAFFIC (значення) O'CLOCK (відстань) (напрямок польоту) UNKNOWN TRAFFIC

5. У разі виявлення тенденції відхилення ПК убік забороненої, небезпечної зони, зони обмеження польотів, тимчасово зарезервованого повітряного простору або зони виконання спеціальних польотів треба:

а) видати екіпажу ПК його місцеперебування, інформацію про тенденції відхилення ПК;

б) у випадку неповернення ПК на задану траєкторію здійснювати радіолокаційне наведення ПК на задану траєкторію;

в) для наведення ПК на задану траєкторію видати екіпажу ПК його місцеперебування і дати диспетчерську вказівку перейти на навігацію за своїми засобами.

Примітка. У разі виявлення відхилення ПК, яке становить небезпеку, диспетчер повинен негайно застосувати радіолокаційне наведення ПК на задану траєкторію.

Фразеологія	Phraseology
НЕМЕДЛЕННО ОТВЕРНИТЕ ВЛЕВО (або ВПРАВО) КУРС (три цифри) ДЛЯ РАСХОЖДЕНИЯ С (НЕОПОЗНАННЫМ) БОРТОМ (пеленг щодо годинникового циферблата та відстань)	TURN LEFT (або RIGHT) IMMEDIATELY HEADING (три цифри) TO AVOID (UNIDENTIFIED) TRAFFIC (пеленг щодо годинникового циферблата та відстань)



Запитання для самоперевірки

1. У якому вигляді може бути надана індикація радіолокаційного місця ПК?
2. Наведіть мінімальну інформацію, яка повинна бути у ФС.
3. Яка радіолокаційна інформація має відобразитися на РМ диспетчера УПР?
4. У якому вигляді відображається ПК на моніторі радіолокаційного диспетчера?
5. Наведіть інформацію, що відображається у першому рядку ФС АС УПР «Аеротехніка».
6. Наведіть інформацію, що відображається у другому рядку ФС АС УПР «Аеротехніка».
7. Наведіть інформацію, що відображається у третьому рядку ФС АС УПР «Аеротехніка».
8. Яке існує забарвлення та додаткові ознаки ФС АС УПР «Аеротехніка»?
9. Яким чином зображається передісторія польоту ПК?
10. Яким чином зображається вектор екстраполяції?
11. Наведіть правила ідентифікації ПК у разі використання ВОРЛ.
12. Наведіть правила ідентифікації у разі використання ПОРЛ.
13. У яких випадках під час радіолокаційного обслуговування слід передавати екіпажу ПК інформацію про його місцеперебування?
14. Яким способом радіолокаційний диспетчер передає екіпажу ПК інформацію про його місцеперебування?
15. Яким чином здійснюється управління швидкістю у горизонтальній площині?
16. Яким чином здійснюється управління швидкістю у вертикальній площині?
17. У яких випадках і для яких цілей застосовують радіолокаційне наведення?
18. Які методи радіолокаційного наведення ви знаєте?
19. Яким чином призначаються рівні польоту ПК, що виконують контрольований політ?
20. Що містить в собі аналіз повітряної ситуації та попередження розвитку ПКС під час радіолокаційного обслуговування?
21. Наведіть приклад фразеології у разі коригування швидкості у вертикальній площині.
22. Наведіть приклад фразеології у разі коригування швидкості у горизонтальній площині.
23. Наведіть приклад фразеології під час радіолокаційного наведення.
24. Наведіть приклад фразеології під час передавання ПК інформації про їх взаємне місцеперебування.
25. Які дії має виконати диспетчер у разі появи нерозпізнаних цілей, траєкторії руху яких ведуть до виникнення ПКС?



6. БОРТОВА СИСТЕМА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗІТКНЕНЬ

Розробляти систему *TCAS* розпочали в США в 1981 р. як надзвичайний засіб щодо забезпечення безпеки польотів.

Одночасно з розробленням обладнання *TCAS ICAO* розробила стандарти для *ACAS (Airborne Collision Avoidance System)*, бортової системи запобігання зіткненням.

Уперше вимогу до обов'язкового установаження *TCASII* на ПК для польотів у повітряному просторі США введено в дію 30 грудня 1993 р. Усі цивільні ПК з газотурбінними двигунами, які перевозили понад 30 пасажирів і виконували польоти в повітряному просторі США, мали бути обладнані *TCASII*.

Кількість ПК з великою дальністю польоту, оснащених *TCASII* і експлуатованих у Європейському повітряному просторі, постійно збільшувалася, хоча установаження цієї системи та її використання були не обов'язковими. Однак подальші дослідження і якісне оцінювання *TCASII* продемонстрували переваги її застосування системи в забезпеченні безпеки польотів, тому окремі авіакомпанії почали обладнувати парк своїх ПК цією системою.

Бортову систему запобігання зіткненням *ACAS* офіційно визнала *ICAO* 11 листопада 1993 р. У 1995 р. Євроконтроль схвалив реалізацію політики й програму обов'язкового впровадження *ACASII* у Європейському регіоні.

ACASII має встановлюватися:

а) з 1 січня 2000 р. — на всіх цивільних ПК з нерухомим крилом і газотурбінними двигунами, з максимальною злітною масою, що перевищує 15000 кг, або максимальною затвердженою кількістю пасажирських місць, що перевищують 30;

б) з 1 січня 2005 р. — на всіх цивільних ПК з нерухомим крилом і газотурбінними двигунами з максимальною злітною масою, що перевищує 5700 кг, або максимальною затвердженою кількістю пасажирських місць, що перевищують 19.

Збільшення з кожним роком кількості ПК, обладнаних ACASII, пояснюється очевидними перевагами в забезпеченні безпеки польотів після встановлення такої системи. Зіткнення в повітряному просторі Індії в 1996 р. *Boeing-747* (Саудівська Аравія) з Іл-76 (Казахстан) ініціювало з боку ICAO пропозицію про обов'язкове встановлення ACASII на ПК у всьому світі, включаючи вантажні ПК.

Для гарантування ефективності роботи ACASII ICAO встановила вимогу до обов'язкового встановлення на ПК приймачів-відповідачів. Після зіткнення в повітрі Ту-154 (Німеччина) і С-141 (США) у повітряному просторі Намібії у вересні 1997 р. було терміново проведено обговорення необхідності оснащення військово-транспортних ПК ACASII.

Опис ACAS наведено в праці [19]; її використання регламентується *Doc 8168 PANS-OPS* «Виконання польотів повітряних кораблів» і *Doc 4444 PANS-ATM* «Організація повітряного руху». Стандарти та рекомендована практика для ACASII, затверджені в листопаді 1995 р. і опубліковані в Додатку 10 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Існують деякі відмінності в правилах польотів щодо використання ACAS у Європейському регіоні. Ці відмінності докладно подано в додаткових правилах польотів з використанням обладнання ACAS [13].

✓ 6.1. Принципи функціонування ACAS

ACAS призначається для роботи автономно і незалежно від бортового навігаційного обладнання та наземних систем, які використовуються для забезпечення ОПП.

За допомогою антен ACAS посилає запити всім ПК, приймачі-відповідачі яких задовольняють вимоги стандартів ICAO та перебувають поруч (радіус дії ACAS у номінальному режимі — до 14 м. миль). На підставі отриманих відповідей система відслідковує дальність, абсолютну висоту (якщо вона є у відповідному повідомленні), а також визначає пеленг навколишнього руху.

Головна особливість ACAS полягає в тому, що вона працює відповідно до критеріїв часу, а не відстані. За декількома послідовними відповідями ACAS розраховує час до досягнення точки максимального зближення з повітряним кораблем-порушником шляхом ділення дальності на швидкість зближення. Цей інтервал часу є головним параметром для видачі сигналу тривоги, а тип сигналу тривоги залежить від значення цього інтервалу.

Якщо ПК повідомляють про висоту, на якій вони перебувають, ACAS також розраховує час для досягнення ПК однакової висоти.

ACAS може видавати сигнали тривоги двох типів:

1) *TA (Traffic Advisory)* — інформацію, яка надається для допомоги пілоту у візуальному пошуку повітряного корабля-порушника і попередження його про готовність до потенційної рекомендації щодо усунення загрози зіткнення;

2) *RA (Resolution Advisory)* — рекомендації щодо усунення загрози зіткнення, що являють собою маневри із запобігання зіткненням, видані пілоту. У разі, коли повітряний корабель-порушник також обладнаний *ACAS*, то обидві системи координують свої рекомендації щодо усунення загрози зіткнення по ЛПД у режимі *S* для того, щоб вибрати взаємно скоординовані маневри з усунення загрози зіткнення.



6.2. Правила для повітряних кораблів, обладнаних *ACAS* і правила ведення радіообміну

Правила, застосовувані для забезпечення ОПР щодо ПК, обладнаних *ACAS*, повинні бути ідентичні правилам, призначеним для ПК, не обладнаних *ACAS*. Зокрема, правила запобігання зіткненням, забезпечення відповідного ешелонування і надання інформації у випадку виникнення конфліктної ситуації в повітряному русі, а також можливих дій з її розв'язання, повинні відповідати звичайним правилам ОПР і не враховувати можливості ПК, пов'язані з використанням обладнання *ACAS*.

Після отримання інформації від пілота про виконання ПК маневру відповідно до рекомендації *ACAS* щодо усунення загрози зіткнення (*RA*) диспетчер не повинен намагатися змінювати траєкторію польоту ПК доти, доки пілот не повідомить про відновлення умов, заданих в останній диспетчерській вказівці (дозволі), але, виходячи із ситуації, диспетчер повинен інформувати пілота про повітряний рух (рис. 6.1).

Як тільки пілот припиняє дотримувати умови диспетчерського дозволу у зв'язку з виконанням рекомендації щодо усунення загрози зіткнення, з диспетчера знімається відповідальність за забезпечення ешелонування між цим ПК і будь-якими іншими ПК, які стосуються безпосереднього маневрування, розпочатим відповідно до рекомендації щодо *RA*.

Відповідальність диспетчера за забезпечення ешелонування між ПК, які перебувають у районі конфлікту, відновлюється після того, як:

а) диспетчер підтверджує отримання від пілота повідомлення про те, що його ПК знову виконує політ відповідно до поточного диспетчерського дозволу, або

б) диспетчер підтверджує отримання від пілота повідомлення про те, що його ПК відновляє виконання поточного диспетчерського дозволу, і видає альтернативний диспетчерський дозвіл, який підтверджує пілот.



Рис. 6.1. Взаємодія диспетчера з екіпажем ПК, обладнаного ACAS

Правила ведення радіообміну, що застосовують екіпажі ПК і диспетчери під час маневрування ПК відповідно до рекомендацій ACAS.

Ситуація	Фразеологія	Phraseologies
... після зміни вертикальної швидкості за рекомендацією TCAS	*НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) ПО TCAS; (підтвердження)	*TCAS CLIMB (або DESCENT); (підтвердження)
... після повідомлення TCAS «Clear of Conflict»	*ВОЗВРАЩАЮСЬ НА (заданий рівень); (підтвердження) (або альтернативні вказівки)	* RETURNING TO (заданий рівень); (підтвердження) (або альтернативні вказівки)
... після завершення маневру за рекомендацією TCAS	*НАБОР (рівень) (або СНИЖЕНИЕ (до рівня)) ПО TCAS ВОЗВРАЩАЮСЬ НА (заданий диспетчером рівень); (підтвердження) (або альтернативні вказівки)	*TCAS CLIMB або DESCENT), RETURNING TO (заданий диспетчером рівень); (підтвердження) (або альтернативні вказівки)
... після завершення маневру за рекомендацією TCAS та повернення до попереднього дозволу	*НАБОР (або СНИЖЕНИЕ) ПО TCAS ЗАКОНЧИЛ, (заданий рівень) ЗАНЯЛ; (підтвердження) (або альтернативні вказівки)	* TCAS CLIMB (або DESCENT), COMPLETED (заданий рівень) RESUMED; (підтвердження) (або альтернативні вказівки)
... коли екіпаж не може виконати відповідний дозвіл через рекомендацію TCAS	* НЕВОЗМОЖНО, РЕКОМЕНДАЦИЯ TCAS; (підтвердження)	* UNABLE, TCAS RESOLUTION ADVISORY; (підтвердження)
* фразеологія, яка використовується пілотом		

Невідповідна реакція пілота на RA істотно знижує користь від ACAS під час забезпечення безпеки польотів.

✓ 6.3. Експлуатація обладнання ACAS

Інформація, що надається бортовою системою попередження зіткненням, призначена для допомоги пілотам щодо забезпечення безпечної експлуатації ПК.

Використання показань обладнання ACAS. Показання обладнання ACAS призначені для сприяння пілотам в активному пошуку і візуальному виявленні конфліктуючого ПК, а також у запобіганні можливим зіткненням.

Показання, що видаються ACAS, повинні використовувати пілоти, виходячи з таких міркувань безпеки:

а) пілоти не повинні здійснювати маневрування на підставі тільки консультативного повідомлення про наявність повітряного руху (TA);

б) у випадку видачі рекомендації щодо усунення загрози зіткнення і зміни траєкторії польоту пошук конфліктуючого ПК повинен містити в собі візуальний огляд повітряного простору, у якому може маневрувати власний ПК, обладнаний ACAS;

в) зміна траєкторії польоту має бути обмежена до мінімуму, необхідного для виконання рекомендацій щодо усунення загрози зіткнення;

г) пілоти, які відхиляються від диспетчерської вказівки або дозволу, відповідно до рекомендації щодо усунення загрози зіткнення повинні швидко відновити умови, задані в цій вказівці або дозволі, після розв'язання конфліктної ситуації та з першою нагодою повідомити відповідний орган ОПП про відхилення, включаючи його напрямок, а також про припинення відхилення.

✓ 6.4. Типи ACAS

Існує три типи ACAS:

— ACASI — бортова система, що забезпечує видачу TA; ACASI не планується для міжнародного впровадження на рівні ICAO;

— ACASII — бортова система, що забезпечує видачу TA і RA у вертикальній площині;

— ACASIII — бортова система, що забезпечує видачу TA і RA як у вертикальній, так і в горизонтальній площині.

Слід зазначити, що тільки TCAS, створена трьома американськими виробниками, відповідає стандартам ICAO щодо ACAS: TCASI відповідає стандартам ACASI, а TCASII відповідає ACASII. Обладнання ACASIII на тепер не використовується через експлуатаційні і технічні труднощі. Сигнали тривоги, що видаються ACAS II, залежать від режиму роботи приймача-відповідача повітряного корабля-порушника:

— сигнал тривоги може не видаватися, якщо приймач-відповідач перебуває в несправному стані, або режими роботи не відповідають режимам роботи приймача-відповідача за стандартами *ICAO*;

— сигнал *TA* видається, якщо режими роботи приймача-відповідача відповідають стандартам *ICAO* і він перебуває в справному стані;

— сигнал *RA* видається, якщо приймач-відповідач передає повідомлення про висоту і режими роботи приймача-відповідача відповідують стандартам *ICAO*.

✓ 6.5. Технічний опис *TCAS II*

Індикація в кабіні пілота. Індикація в кабіні забезпечує пілота інформацією про повітряний рух, а також видає *TA* та *RA* із супроводом звукової сигналізації. Індикація інформації про повітряний рух призначена для надання допомоги пілоту у візуальному виявленні повітряних кораблів-порушників. Індикація показує відносне положення інших ПК у горизонтальній і вертикальній площинах, аналізуючи сигнали-відповіді їх приймачів-відповідачів.

Символіка індикації повітряного руху. Для індикації повітряного руху на дисплеї *ACAS* використовуються такі символи:

— власний ПК виводиться на дисплей у вигляді стрілки або літака білого чи блакитного кольору;

— контур білого або блакитного ромба — для ПК, які не створюють загрози повітряному руху і перебувають у межах 6 м. миль у горизонтальній площині й 1200 футів у вертикальній площині від власного ПК. У випадку видачі системою рекомендації цей символ показує, що цей ПК не є порушником;

— суцільне жовте коло — для повітряних кораблів-порушників, які можуть бути причиною видачі *TA*;

— суцільний червоний квадрат — для ПК, які є загрозою зіткнення і можуть бути причиною видачі *RA*.

Кожний символ ПК, що зображується на дисплеї, відповідає його місцеперебуванню відносно власного ПК. Точність індикації місцеперебування залежить від обраного масштабу. У разі масштабу 10 м. миль точність визначення місцеперебування становить приблизно 1 м. миль за дальністю й 10° за пеленгом.

Дані, що стосуються відносного положення ПК у вертикальній площині, також виводяться на дисплей відповідними символами, коли повітряний корабель-порушник передає інформацію про абсолютну висоту. *Відносна висота* показується в сотнях футів над символом, якщо повітряний корабель-порушник перебуває вище

від власного ПК, і показується під символом, якщо він перебуває нижче від власного ПК.

Примітка. У цьому випадку термін «відносна висота» має значення різниці висот між власним ПК і ПК, що відслідковується ACAS.

На дисплеях ACAS деяких ПК замість відносної висоти може зображатися рівень польоту повітряного корабля-порушника. Крім того, коли ПК набирає висоту або знижується з вертикальною швидкістю, що перевищує 600 футів/хв, цей маневр показується стрілкою.

Класичне приладове оснащення. Повітряний рух і рекомендації щодо усунення загрози зіткнення відображаються на дисплеї, що також містить індикатор миттєвої вертикальної швидкості. Навколо символів власного ПК точками або лініями показано коло радіусом 2 м. милі.

Діапазон огляду на дисплеї перед власним ПК може змінюватися від 4 до 30 м. миль (рис. 6.2).

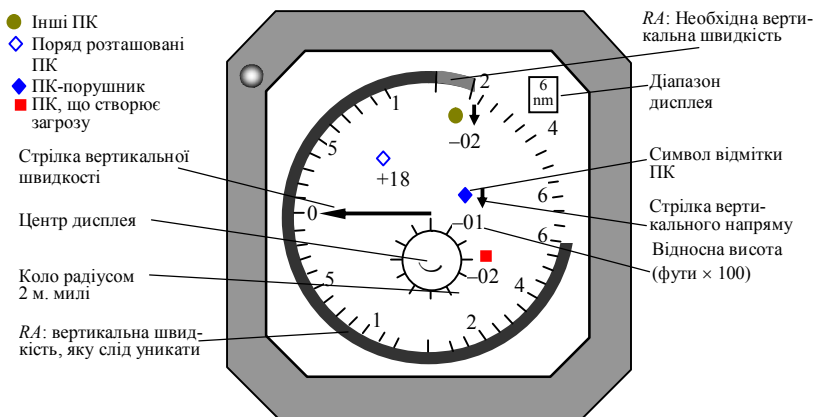


Рис. 6.2. Рекомендація RA на класичному дисплеї TCAS

Загроза зіткнення зображується на дисплеї дугою червоного кольору, що показує пілоту діапазон неприпустимих вертикальних швидкостей.

Поруч із червоною дугою розміщено зелену, котра показує пілоту, який маневр потрібно виконати ПК для досягнення необхідної вертикальної швидкості, показаної зеленою дугою, та обмежені в той же час відхилення від абсолютної висоти (рис. 6.3 та 6.4).

Примітка. Якщо існує більше від однієї загрози зіткнення, то навколо діапазону потрібних вертикальних швидкостей може бути дві червоні дуги.

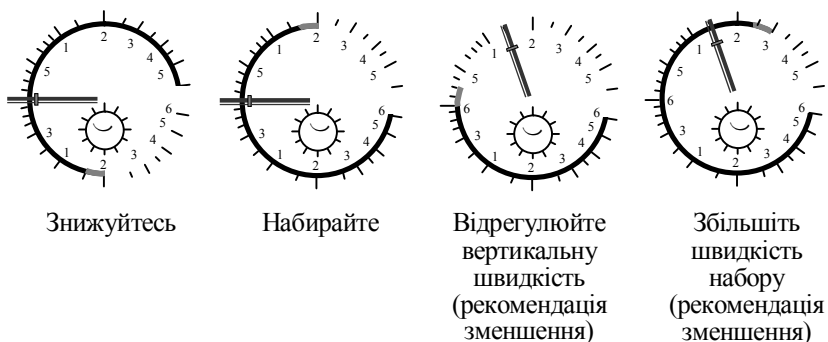


Рис. 6.3. Приклади RA на індикаторі вертикальної швидкості

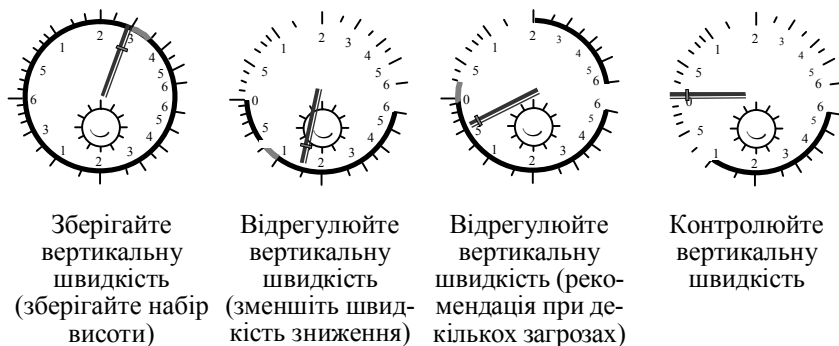


Рис. 6.4. Приклади RA на індикаторі вертикальної швидкості



Рис. 6.5. Навігаційний індикатор електронної системи пілотажного обладнання в режимі «Роза» відтворює повітряний рух

Електронна система пілотажного обладнання повітряного корабля.

В електронній системі пілотажного обладнання ПК інформація TCAS виводиться на індикатор основних пілотажних даних для видачі RA і на навігаційний індикатор — для відображення повітряного руху (рис. 6.5). Є дві концепції відображення RA на індикаторі основних пілотажних даних:

1. Зображення на авіагоризонті. RA має вигляд трапецієподібної зони червоного або жовтогарячого кольору, що показує пілоту величини абсо-

лютних висот польоту, яких необхідно уникати. Це прямо вказує на кут тангажа, якого повинен досягати пілот. У цю форму зображення не входять рекомендації «летіти до зеленої зони» (рис. 6.6).

2. Зображення на індикаторі вертикальної швидкості. *RA* зображується таким самим способом, що й на «класичному» дисплеї. Червоною дугою показується пілоту діапазон вертикальних швидкостей, які варто уникати, а зеленої — необхідна вертикальна швидкість з одночасним обмеженням відхилення від рівня польоту, дозволеного авіадиспетчером (рис. 6.7).

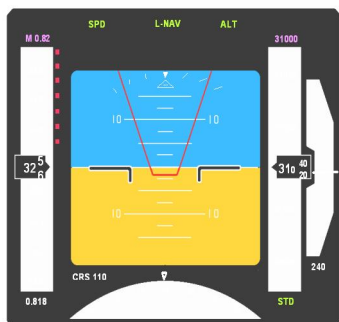


Рис. 6.6. Рекомендація *RA* на авіагоризонті



Рис. 6.7. Рекомендація *RA* на індикаторі вертикальної швидкості

Звукова сигналізація. Динаміки, розташовані в кабіні пілотів, попереджають екіпаж ПК за допомогою звукової сигналізації, видаючи рекомендації. Звукові повідомлення наведено в табл. 6.1 відповідно до типу рекомендації: *TA* або *RA*.

Таблиця 6.1

Звукова сигналізація *TCAS II*

<i>Advisory type</i>	<i>Downward sense</i>	<i>Upward sense</i>
<i>TA</i>	<i>Traffic, traffic</i>	
<i>Initial preventive RA</i>	<i>Monitor vertical speed</i>	<i>Monitor vertical speed</i>
<i>Corrective RA</i>	<i>Descend, descend</i>	<i>Climb, climb</i>
<i>Strengthening RA</i>	<i>Increase descent, increase descent</i>	<i>Increase climb, increase climb</i>
<i>Weakening RA</i>	<i>Adjust vertical speed, adjust</i>	<i>Adjust vertical speed, adjust</i>
<i>Reversing sense RA</i>	<i>Descend, descend NOW</i>	<i>Climb, climb NOW</i>
<i>RA with altitude crossing</i>	<i>Descend, crossing descend, descend, crossing descend</i>	<i>Climb, crossing climb, climb, crossing climb</i>

<i>Advisory type</i>	<i>Downward sense</i>	<i>Upward sense</i>
<i>RA to maintain vertical speed</i>	<i>Maintain vertical speed, maintain</i>	<i>Maintain vertical speed, maintain</i>
<i>RA to maintain vertical speed with altitude crossing</i>	<i>Maintain vertical speed, crossing maintain</i>	<i>Maintain vertical speed, crossing maintain</i>
<i>RA to reduce vertical speed</i>	<i>Adjust vertical speed, adjust</i>	<i>Adjust vertical speed, adjust</i>
<i>RA termination message</i>	<i>Clear of conflict</i>	

✓ 6.6. Експлуатація бортової системи попередження зіткнень

Використання системи пілотами. Оцінювання технічних характеристик TCASII у Європі й контроль її впровадження продемонстрували, що це обладнання підвищило рівень безпеки польотів. У небезпечних ситуаціях TA уможливило візуальне виявлення повітряних кораблів-порушників за час, достатній для уникнення загрози зіткнення.

Але були виявлені й деякі проблеми, зумовлені напруженою ситуацією в екіпажі ПК, створюваною системою RA:

- іноді RA змушує пілотів відхилитися від диспетчерського дозволу набагато більше, ніж це потрібно. Були зареєстровані випадки відхилення більш ніж на 1000 футів, а середнє відхилення становило близько 650 футів;

- пілоти часто не вчасно доповідають диспетчеру про початок відхилення від рівня польоту, а потім не квапляться повертатися до диспетчерського дозволу. Іноді екіпаж й диспетчер використовують не стандартну фразеологію, на робочій частоті може початися відволікаючий діалог. Часто диспетчер не розуміє доповіді пілота про RA.

Інші проблеми пов'язані з неправильним використанням даних, виведених на дисплей TCAS:

- деякі пілоти запитують інформацію або відхиляють рекомендацію, ґрунтуючись на даних бортового дисплея. Це може бути виправдано тільки в тому випадку, якщо повітряний корабель-порушник не передає даних про абсолютну висоту;

— іноді пілоти використовують дисплей *TCAS* як засіб спостереження. Ця інформація не є основною й показує приблизне відносне положення ПК, тому існує великий ризик неправильного тлумачення наданої інформації про положення ПК;

— спостерігалися випадки, коли ПК виконували маневр на підставі тільки даних дисплея *TCAS* без візуального виявлення повітряного корабля-порушника. Такі маневри спричиняють значне зниження рівня безпеки польотів;

— аналіз повідомлень про інциденти показує також, що деякі пілоти не реагували на *RA*, коли вони отримували інформацію про повітряний рух від диспетчера, але візуально не спостерігали за повітряними кораблями-порушниками. У випадку обгрунтованої видачі *RA* вони втрачали дорогоцінні секунди на початок виконання маневрів з усунення конфлікту. Крім того, якщо повітряний корабель-порушник також обладнаний *TCAS*, то ця *RA* буде скоординована. Недотримання такої рекомендації знижує рівень безпеки польотів.

Зазвичай *RA* сприймається диспетчером як повідомлення, що тільки заважає роботі через відхилення ПК від диспетчерського дозволу, наступного обговорення на радіотелефонній частоті та ймовірності виникнення конфлікту із третім ПК. Незважаючи на те, що остання ситуація зрозуміла, диспетчер повинен розуміти, що система *TCASII* здатна одночасно опрацювати інформацію від декількох повітряних кораблів-порушників і видавати відповідні скоординовані *RA*.

Аналіз подій, про які повідомлялося в Європі, показує, що навіть якщо й існує загроза зближення декількох ПК, то реальна можливість такої події дуже низька.

Наведемо основні причини неправильної роботи *TCAS* через систему повітряного руху:

— перехід ПК у горизонтальний політ на 1000 футів вище або нижче від конфліктуєчого ПК може бути причиною видачі багатьох *RA*. *TCASII* спрацьовує через те, що ПК зберігають високі вертикальні швидкості під час наближення до заданого рівня польоту;

— дозволи на перетинання висот польоту, видані на підставі встановленого візуального ешелонування між ПК, також можуть бути причиною видачі *RA* особливо на ПК, що зберігають свої крейсерські рівні польоту. Надання диспетчером інформації про повітряний рух не дає права пілотові ігнорувати *RA*. Проте інформація про повітряний рух дає змогу звести до мінімуму вертикальне відхилення ПК від заданого рівня польоту, а, отже, й зайву напругу диспетчера;

— рекомендації, які видавалися щодо деяких категорій ПК: тих, що виконують польоти за ПВП, літаків-винишувачів під час виконання ними маневрів і т. ін.

Взагалі ця проблема пов'язана як з організацією повітряного простору, так і з функціональними можливостями TCASII. Проте TCASII поки що є єдиною ефективною системою з усунення загрози зіткнення у випадках, коли повітряні кораблі-порушники повідомляють про свою висоту, однак TCASII не призначена для того, щоб враховувати швидкоманеврені характеристики винишувачів.

Практичні зауваження. У тих випадках, коли авіадиспетчери не знають про видачу системою RA і дають вказівки пілоту виконати маневр для запобігання зіткненням, то вказівки щодо маневру в горизонтальній площині є більш коректними, оскільки вони не будуть несприятливо впливати ні на які вертикальні маневри, які рекомендуються TCASII.

RA — дуже короткострокове повідомлення, його тривалість зазвичай менша за 30 с. Диспетчери можуть не встигнути відреагувати протягом цього часу.

Коли пілотові видається повідомлення «Конфлікт закінчився», то в цей момент часу того мінімуму ешелонування, що був заданий диспетчером, може й не бути.

Через власні обмеження TCASII не є безпомилковою системою, тому TCASII потрібно розглядати тільки як систему, використовувану в крайньому випадку.

Важливо, щоб пілоти виконували всі RA навіть тоді, коли є:

— *вказівка на виконання маневру, видана диспетчером, що суперечить RA.* Якщо рекомендація не виконується, то це може негативно позначитися на безпеці, коли інший ПК реагує на скоординовану RA;

— *конфліктна ситуація за параметрів польоту, близьких до граничного.* Якщо видається RA: «Набирайте», то допускається хоча б невеликий набір висоти, але не зниження, всупереч RA;

— *інформація від диспетчера про повітряний рух.* Більш повільна швидкість відновлення даних на індикаторі радіолокатора, навіть під час використання системи оброблення радіолокаційних даних, означає, що інформація про висоту ПК, яку спостерігає диспетчер на індикаторі, може бути неточною, особливо коли ПК виконує набір або зниження з великою вертикальною швидкістю;

— *візуальний контакт.* Повітряний корабель міг би бути помилково ідентифікований і ситуація була б оцінена неправильно.

✓ 6.7. Логічна схема ACAS із запобігання загрозі зіткнення

Логічна схема з усунення загрози зіткнення є прогнозою і ґрунтується на двох основних поняттях: рівні чутливості (SL) й часі попередження.

Рівень чутливості — це функція абсолютної висоти і визначає рівень захисту. Час попередження ґрунтується переважно на часі польоту (а не на відстані) до точки максимального зближення ПК. Час попередження містить у собі додатково захист з дальністю на випадок малих швидкостей зближення.

Рівень чутливості. Потрібно мати оптимальне співвідношення між захистом, який має забезпечувати логічна схема з усунення загрози зіткнення, і непотрібними аварійними попередженнями, пов'язаними із прогнозованим характером логічної схеми. Ця рівновага досягається контролюванням рівня чутливості, що визначає розміри теоретичного «захищеного обсягу» навколо кожного ПК, обладнаного TCAS. Рівень чутливості залежить від абсолютної висоти власного ПК і змінюється в межах значень від 1 до 7. Чим вищий рівень чутливості, тим надійніший захист. Є три режими роботи TCAS:

- 1) режим очікування;
- 2) тільки TA;
- 3) автоматичний.

Логічна схема системи перетворить ці режими роботи в рівні чутливості.

Коли пілот вибирає «Режим очікування» ($SL = 1$), обладнання TCAS запитів не передає. Природно, цей режим використовується тоді, коли ПК перебуває на землі, або коли в системі є несправність.

У режимі роботи «Тільки TA» ($SL = 2$) обладнання TCAS виконує функцію спостереження. Видаються тільки TA.

Коли пілот вибирає режим «Автоматичний», то на підставі поточного значення абсолютної висоти власного ПК TCAS автоматично вибирає рівень чутливості. $SL = 2$ вибирається тоді, коли ПК, обладнаний TCAS, перебуває на висоті від 0 до 1000 футів над рівнем земної поверхні, що показує радіовисотомір. Цей рівень чутливості відповідає режиму роботи «Тільки TA». За рівнів чутливості від 3 до 7 забезпечується видача TA і RA. Щоб визначити потрібний рівень чутливості на висотах понад 2600 футів над рівнем земної поверхні, логічна схема використовує барометричну висоту (у разі установлення стандартного тиску 1013,25 ГПа), яку показує барометричний висотомір.

Час попередження. Для запобігання можливим зіткненням найбільш важливим поняттям є час польоту до точки максимального зближення, а не відстань до цієї точки. Щоб зрозуміти його значення, було розроблено концепцію часу попередження, або «тау».

«Тау» — це та межа, яка порівнюється із часом польоту, що залишився до точки максимального зближення, і який розраховують шляхом розподілу похилої дальності між ПК на швидкість їх зближення. *TCAS* використовує концепцію «тау» для більшості своїх функцій, що стосуються аварійного попередження.

Величина «тау» — функція рівня чутливості. Щоб запобігти небезпечному зближенню з повітряним кораблем-порушником без видачі *TA* або *RA*, граничні значення захисту, установлені за принципом «тау», змінюються під час дуже малих швидкостей зближення ПК. Ця зміна відома як *DMOD* (*Distance MODification* — зміна відстані), що забезпечує додатковий захист, коли ПК, що зближаються, мають дуже малі швидкості зближення.

Величина *DMOD* є також функцією рівня чутливості. Величини «тау» і *DMOD* наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Пороги видачі сигналів попередження, пов'язані з абсолютною висотою

Абсолютна висота	Рівень чутливості (<i>SL</i>)	Значення «тау», с		Значення <i>DMOD</i> , м. миль	
		<i>TA</i>	<i>RA</i>	<i>TA</i>	<i>RA</i>
0 — 1000 футів	2	20	Немає <i>RA</i>	0,30	Немає <i>RA</i>
1000 — 2350 футів	3	25	15	0,33	0,20
2350 — <i>FL</i> 050	4	30	20	0,48	0,35
<i>FL</i> 050 — <i>FL</i> 100	5	40	25	0,75	0,55
<i>FL</i> 100 — <i>FL</i> 200	6	45	30	1,00	0,80
Понад <i>FL</i> 200	7	48	35	1,30	1,10

Ці значення коректні тільки в загальному випадку. Однак у деяких випадках значення «тау», пов'язані з *RA*, можуть бути зменшені (наприклад, під час вирівнювання ПК з вертикальним інтервалом 1000 футів) для зменшення кількості непотрібних сигналів тривоги.

✓ 6.8. Функції системи запобігання зіткненням

Систему *TCAS* призначено для запобігання зіткненням будь-яких двох ПК зі швидкістю їх зближення до 1200 вузлів (2222 км/год) і з вертикальною швидкістю зближення до 10000 футів за хвилину (50,8 м/с). *TCAS* значно підвищує рівень безпеки польотів. Але вона не може повністю усунути всі ризики зіткнень. Крім того, як і будь-яка інша прогнозна система, вона може сама створювати небезпеку зіткнення.

Під час нормальної роботи системи її логічна схема працює з односекундним циклом. Функції логічної схеми, які використовуються для виконання завдання із запобігання зіткненням та загальний опис головних функцій системи подано на рис. 6.8. Є багато інших параметрів, особливо тих, що стосуються геометричних характеристик зближення, які не розглядаються.



Рис. 6.8. Функції логічної схеми системи запобігання зіткненням

Спостереження. Використовуючи дані спостережень (похилу дальність, пеленг і висоту), які приймаються щосекунди (або кожні 5 с у випадку роботи системи в режимі «скорочений огляд»), за допомогою логічної схеми розраховують швидкість зближення з кожною ціллю у межах дії системи для визначення часу польоту в секундах до точки максимального зближення й відстані польоту в

горизонтальній площині у точці максимального зближення. Якщо ПК, що відслідковується, обладнано приймачем-відповідачем з кодуванням висоти, логічна схема обчислює абсолютну висоту цілі в точці максимального зближення. Вертикальну швидкість повітряного корабля-порушника система визначає вимірюванням часу проходження цим ПК послідовно кожних 100 або 25 футів висоти залежно від типу кодування висоти приймачем-відповідачем.

Логічна схема використовує дані барометричного висотоміра власного ПК або ж безпосередньо пристрою кодування висоти чи обчислювача повітряних сигналів. У такий спосіб логічна схема визначає абсолютну висоту власного ПК, вертикальну швидкість, а також відносну висоту кожної цілі.

Вихідні дані з алгоритму спостереження (дальність цілі, відстань прольоту в горизонтальній площині між ПК у точці максимального зближення, швидкість зближення й відносна висота цілі) подаються в алгоритми «Консультативне повідомлення про наявність повітряного руху» і «Визначення загрози» (рис. 6.8).

Коли висота власного ПК менша за 1700 футів над рівнем земної поверхні, логічна схема системи запобігання зіткненням оцінює висоту над рівнем земної поверхні повітряного корабля-порушника з використанням власної барометричної висоти, власного радіовисотоміра й барометричної висоти повітряного корабля-порушника. Якщо ця висота менша за 380 футів, *TCAS* розцінює, що ця ціль перебуває на землі, а тому не видає ніяких сигналів *TA* або *RA* (рис. 6.9).

Консультативне повідомлення про наявність повітряного руху (*TA*). Функція консультативного повідомлення про наявність повітряного руху використовує спрощений алгоритм, подібний до логічної схеми видачі *RA*, але з більшими межами видачі сигналів аварійного попередження (табл. 6.2). Вертикальні межі видачі *TA* розташовано на 850 футів вище й нижче від рівня польоту ПК, обладнаного *TCAS*, якщо він перебуває нижче від ешелону польоту 420, і рівні 1200 футів, якщо ПК перебуває вище від ешелону польоту 420.

Ціль, що не повідомляє про свою висоту, викличе видачу *TA*, коли буде задовільним тест дальності на підставі величин «тау», пов'язаних з *RA*. Якщо повітряний корабель-порушник не викликає видачі *TA*, але перебуває в межах 6 миль і на відстані 1200 футів від ПК, обладнаного *TCAS*, то на дисплеї він буде зображений як ПК, що перебуває поблизу.

Визначення загрози. Тести дальності й висоти виконуються в кожному циклі, для кожної цілі, що повідомляє про свою висоту. Для того щоб було оголошено про загрозу, мають задовольнятися обидва тести щодо цілі.

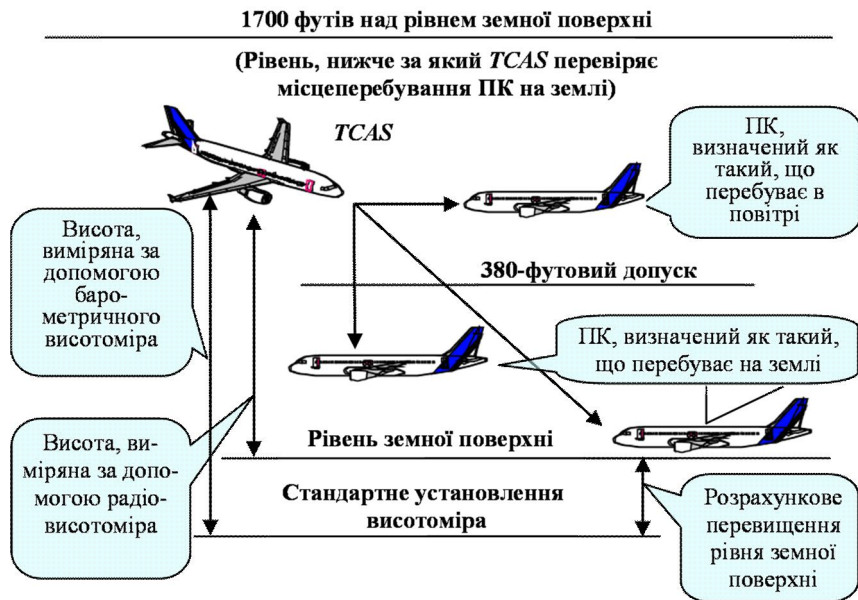


Рис. 6.9. Визначення ПК, що перебувають на землі

Пороги в горизонтальній площині для видачі аварійного попередження не ґрунтуються тепер на дальності, а ґрунтуються на часі польоту до точки максимального зближення. Ця величина залежить від швидкостей і курсів ПК, що беруть участь у конфлікті.

Теоретично «захищеним простором» навколо обладнаного *TCAS* ПК вважається зрізана сфера з радіусом, що дорівнює вектору відносної швидкості, помноженому на час, що дорівнює «тау». Цей обсяг також зрізується в бічному напрямку функцією горизонтальної фільтрації. Ця функція зменшує кількість непотрібних сигналів тривоги для несподіваних конфігураційних характеристик зближення, де відстань прольоту в горизонтальній площині, спроектована в точку максимального зближення, є достатньою для того, щоб не виконувати маневр із запобігання зіткненню.

У загальному випадку в конфігурації конфліктної ситуації у разі малих вертикальних швидкостей зближення вертикальні межі для видачі *RA* перебувають у діапазоні 600—800 футів залежно від висоти власного ПК. У разі високих вертикальних швидкостей зближення рекомендації *RA* видаються тільки тоді, коли розрахунковий час польоту до моменту, під час якого повітряний корабель-порушник і власний ПК будуть на однаковій висоті, стане меншим від величини «тау» (табл. 6.2).

Залежно від конфігурації зближення і якості даних спостереження у вертикальній площині RA може видаватися із запізненням або не видаватися взагалі; RA не видаються відносно повітряних кораблів-порушників, які не повідомляють про свою висоту.

✓ 6.9. Рекомендація щодо запобігання загрозі зіткнення

Вибір рекомендації. Коли повідомляється про загрозу зіткнення, $TCAS$ застосовує двохетапний процес, щоб вибрати RA .

Перший крок — це вибір напрямку RA (відхилення вгору або вниз). Використовуючи результати горизонтального й вертикального спостереження, логічна схема системи моделює траєкторію польоту повітряного корабля-порушника до точки максимального зближення (рис. 6.10).

На рис. 6.10 показано траєкторії, які були б у результаті, коли власний ПК набирає висоту або знижується з вертикальною швидкістю 1500 футів/хв, урахувавши стандартну реакцію пілота (час реакції пілота становить 5 с, а вертикальне прискорення — 0,25 g). Логічна схема системи розраховує прогнозоване вертикальне ешелонування (на рис. 6.10 — відстані A і B) для кожного із двох випадків і вибирає напрямок, що забезпечить найбільшу вертикальну відстань.

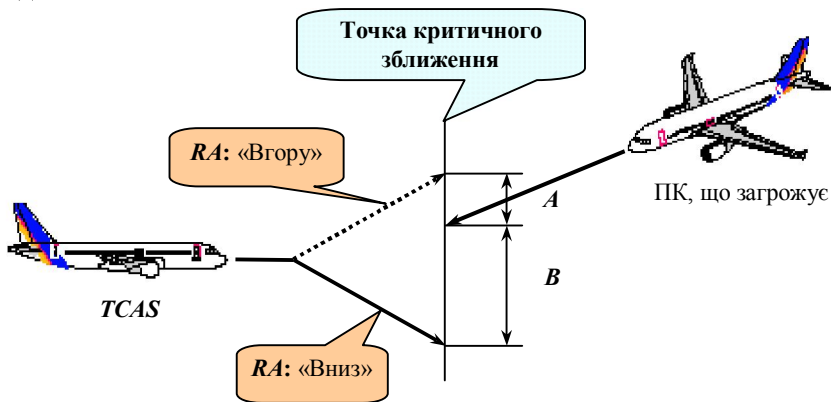


Рис. 6.10. Вибір напрямку маневру ПК

У випадку, коли перетинання висоти передбачається перед точкою максимального зближення, логічна схема системи вибере такий напрямок маневру, який попередить це перетинання, за умови, що вертикальна відстань між ПК у точці максимального зближення достатня (рис. 6.11).

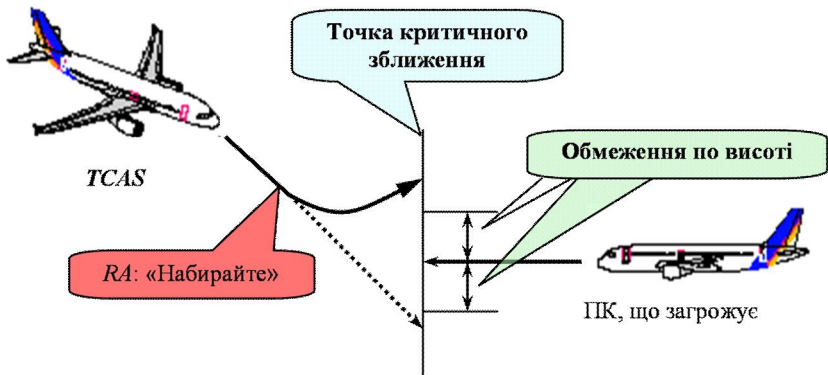


Рис. 6.11. Рекомендація RA без перетинання висоти

Безпечна вертикальна відстань (показана на рис. 6.11 як «Обмеження по висоті») змінюється від 300 до 700 футів залежно від висотного режиму власного ПК. Якщо ж безпечної вертикальної відстані досягти не можна, то буде видано RA на перетинання висоти польоту.

Другий крок — це вибір числового значення RA (тобто, з якою вертикальною швидкістю потрібно виконати маневр). Вибирають маневр із вертикальною швидкістю, згідно з яким порушення режиму польоту має бути якомога меншим, але за допомогою якого досягається безпечна вертикальна відстань між ПК. Рекомендації, що не змінюють вертикальної швидкості ПК (попереджувальні рекомендації), можуть видаватися, якщо вже задовольняється критерій обмеження по висоті. Можливі рекомендації й пов'язані з ними швидкості набору/зниження наведено в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Рекомендації щодо запобігання загрозам зіткнення

Напрямок угору		Напрямок униз	
Потрібна швидкість, футів/хв	Рекомендація	Рекомендація	Потрібна швидкість, футів/хв
+ 2500	Збільшіть швидкість набору	Збільшіть швидкість зниження	– 2500
+ 1500	Набирайте	Знижуйтеся	– 1500
+ 1500	Реверсний набір (замість зниження)	Реверсне зниження (замість набору)	– 1500

Напрямок угору		Напрямок униз	
Потрібна швидкість, футів/хв	Рекомендація	Рекомендація	Потрібна швидкість, футів/хв
+ 1500	Набирайте, перетинаючи	Знижуйтеся, перетинаючи	- 1500
+ 4400 $>V>$ $> + 1500$	Зберігайте набір	Зберігайте зниження	- 4400 $<V<$ $< - 1500$
0	Не знижуйтеся	Не набирайте	0
$V > - 500$	Не знижуйтеся понад 500 футів/хв	Не набирайте понад 500 футів/хв	$V < + 500$
$V > - 1000$	Не знижуйтеся понад 1000 футів/хв	Не набирайте понад 1000 футів/хв	$V < + 1000$
$V > - 2000$	Не знижуйтеся понад 2000 футів/хв	Не набирайте понад 2000 футів/хв	$V < + 2000$

Виконання RA. Під час зближення ПК постійно оцінюється числове значення *RA* і воно може змінюватися його посиленням, якщо в цьому є потреба, або ослабленням, якщо загроза зменшується. Якщо слабшає *RA*, має зменшуватися вертикальне відхилення.

Після вибору рекомендації ПК, що створює загрозу, іноді може маневрувати у вертикальній площині, заважаючи будь-яким чином виконанню *RA*. У цьому випадку, обладнаний *TCAS* ПК повинен або збільшити свою вертикальну швидкість із 1500 до 2500 футів за хвилину, або змінити напрямок маневру на протилежний. Під час одного конфлікту можлива тільки одна зміна напрямку маневру. Приклади таких маневрів (збільшення вертикальної швидкості й зміна напрямку маневру) показано на рис. 6.12. та 6.13.

У деяких випадках логічна схема системи може стримувати видачу рекомендацій «Набирайте» або «Збільшіть швидкість набору» через обмеження льотних характеристик набору висоти ПК на великих висотах, або у випадках, коли ПК перебуває в посадковій конфігурації. Ці обмеження занесено в логічну схему *TCAS*, тому система в цьому разі вибере діючу альтернативну *RA*. Ці обмеження встановлюються завчасно органами сертифікації ПК відповідно до їх типу. Для всіх типів ПК забороняється видача *RA* «Збільшіть швидкість зниження» на висотах польоту менших за 1450 футів (442 м) над рівнем земної поверхні. На висотах польоту менших ніж 1000 футів (305 м) над рівнем земної поверхні взагалі забороняється видача всіх *RA*.

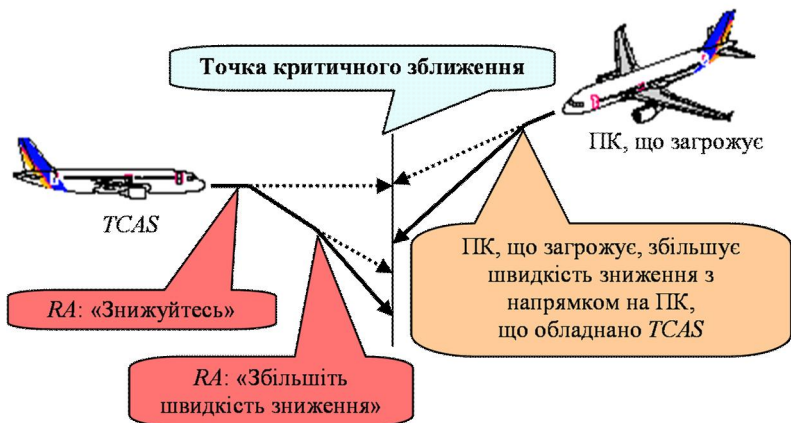


Рис. 6.12. Рекомендація RA: «Збільшіть вертикальну швидкість»

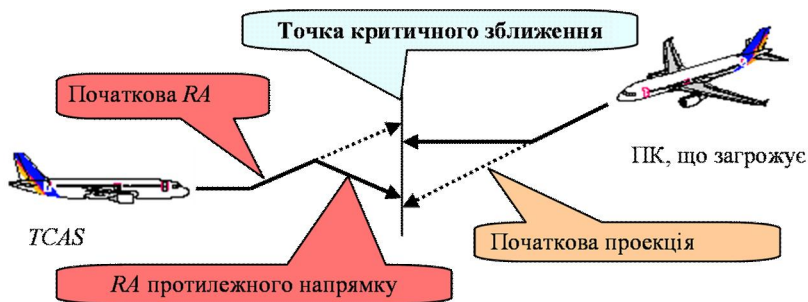


Рис. 6.13. Рекомендація RA протилежного напрямку

Здатність ACAS розв'язувати конфлікт у разі багатьох загроз. TCAS здатна врегулювати конфлікт у разі багатьох загроз, намагаючись розв'язати ситуацію через видачу однієї RA, за якої будуть забезпечені безпечні вертикальні інтервали для кожного ПК, або ж TCAS буде підбирати таку RA, що поєднає інші обмеження набору висоти й зниження, які не суперечать одне одному.

Припинення дії RA. Як тільки повітряний корабель-порушник перестав бути загрозою (дальність між обладнаним TCAS ПК і ПК, що загрожує, збільшується, або коли логічна схема системи визначає, що горизонтальна відстань у точці максимального зближення буде достатньою), рекомендація щодо усунення загрози зіткнення відміняється й видається повідомлення про закінчення конфлікту. Після цього пілот зобов'язаний повернутися до початкового диспетчерського дозволу.

Координація TCAS — TCAS. У випадку зближення ПК, обладнаних TCAS, кожний ПК по ЛПД режиму S передає один одному запити для вибору додаткових RA. Для передавання координаційних запитів використовуються ті ж самі канали, що й у режимі спостереження — 1030/1090 МГц. Ці запити передаються із частотою один раз за секунду кожним ПК протягом дії RA. Кожний ПК продовжує передавати координаційні запити іншим ПК доти, доки хоча б один ПК розглядатиметься як загроза. Координаційні запити містять інформацію про намічений маневр ПК щодо загрози. Ця інформація виражена у формі доповнення до RA. Після координації кожна TCAS незалежно вибирає числове значення RA, виходячи з геометричних характеристик конфліктної ситуації.

Головним правилом для вибору напрямку маневру під час зближення двох ПК, обладнаних TCAS, є те, що перед вибором напрямку маневру кожна TCAS повинна перевірити, чи одержала вона намір від ПК, що загрожує. Якщо це так, TCAS діє, виходячи з намірів ПК, що загрожує. Якщо це не так, TCAS вибирає напрямок маневру, що найбільше підходить зважаючи на геометричні характеристики конфліктної ситуації. У більшості випадків два ПК визначають один одного як загрозу, але недовго, за різні відрізки часу. Координаційний процес здійснюється таким чином: перший ПК вибирає напрямок RA, ґрунтуючись на геометричних характеристиках зближення, і передає своє рішення; потім другий ПК вибирає протилежний напрямок і підтверджує свій додатковий намір.

Але може трапитися так, що обидва ПК побачать одночасно один одного як загрозу, тому виберуть напрямок маневру, ґрунтуючись на геометричних характеристиках зближення. У цьому випадку є ймовірність того, що ПК виберуть однакові напрямки маневру. Якщо таке трапиться, ПК з більш високою адресою режиму S визначить несумісність і змінить напрямок на протилежний ще до видачі RA.

Видача рекомендацій. Логічна схема TCAS керує звуковою сигналізацією й виведенням інформації на дисплей. Логічна схема забороняє видавати звукову сигналізацію нижче від висоти польоту 400 футів (122 м) над рівнем земної поверхні. Пріоритет над сигналами тривоги TCASII TA або RA надається звуковій сигналізації попередження про звалювання ПК, небезпечному зближенню із землею, виявленню зсуву вітру і т. ін.

Зв'язок «земля — повітря — земля». Використовуючи ЛПД режиму S, TCAS може передавати повідомлення RA наземним станціям режиму S.

Протягом дії RA TCAS генерує кожні вісім секунд спонтанні повідомлення, що містять інформацію про поточну рекомендацію.



Запитання для самоперевірки

1. Для яких цілей передбачено бортову систему попередження зіткнень та які вимоги до обов'язкового встановлення таких систем на ПК?
2. Наведіть визначення терміна *бортова система попередження зіткнення*.
3. Які сигнали тривоги може видавати *ACAS*?
4. Наведіть визначення терміна *значення RA*.
5. Наведіть визначення терміна *консультативне повідомлення про наявність повітряного руху*.
6. Наведіть принципи функціонування *ACAS*.
7. Наведіть особливості взаємодії диспетчера з екіпажем ПК, обладнаного *ACAS*.
8. Як використовуються показання обладнання *ACAS*?
9. Які існують типи *ACAS*?
10. Які сигнали тривоги видаються *ACAS*?
11. Яка існує символіка індикації повітряного руху на дисплеях *ACAS*?
12. Наведіть приклади звукових повідомлень *ACAS*.
13. Назвіть основні причини взаємодії *ACAS* із системою повітряного руху.
14. Наведіть проблеми, що виникають в екіпажі, пов'язані з видачею системою *RA*.
15. Наведіть рівні чутливості *ACAS*.
16. Наведіть функції логічної схеми системи запобігання зіткненням.
17. Наведіть функції «спостереження» логічної схеми системи запобігання зіткненням.
18. Наведіть принципи вибору рекомендації із запобігання загрози зіткнення.
19. У яких випадках припиняється дія *RA*?
20. Наведіть приклади координації *TCAS* — *TCAS*.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Правила виконання польотів та обслуговування повітряного руху в повітряному просторі України зі скороченим мінімумом вертикального ешелонування*: Наказ Мінтрансу України №9 від 11.01.2002 // ОВУ. — 2002. — №1.

2. *Про введення в дію системи вертикального ешелонування ICAO*: Наказ Мінтрансу та Міноборони №441/241 від 13.07.2001// ОВУ. — 2001 — № 29.

3. *Правила польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України*: Наказ Мінтрансу України від 16.04.2003 р., № 293 зі змінами та доповненнями, внесеними наказом Мінтрансу України від 31.01.2004 р., № 62. (зареєстровано в Мін'юсті України 23.02.2004 р. за № 238 / 8837) // ОВУ. — 2003. — №18.

4. *Про затвердження правил радіолокаційного обслуговування*: Наказ Мінтрансу України від 15.04.2004 р., № 311 (зареєстровано в Мін'юсті України 13.05.2004 р. за № 606/9205)// ОВУ. — 2004. — № 20.

5. *Про застосування назв рівнів при польотах повітряних суден на абсолютній висоті переходу 3050 м (10 000 футів) та нижче*: Наказ Державіаслужби № 193 від 23.11.2004 // ОВУ. — 2004. — № 50.

6. *Про затвердження Правил ведення радіотелефонного зв'язку та фразеології радіообміну в повітряному просторі України*: Наказ Мінтрансу України від 10.06.2004 р. № 486 (зареєстровано в Мін'юсті України 06.07.2004 р. за № 844/9443) // ОВУ. — 2004. — № 28, ч. 2. — С. 482—540.

7. *Положення про використання повітряного простору України*: Постанова КМУ від 29.03.2002 р., № 401 (зі змінами та доповненнями станом на 06.05.2005 р.) // ОВУ. — 2002. — № 14.

8. *Приложение 2. Правила полётов*. — 10-е изд. — Монреаль : ICAO, 2005, включая поправки 1—82. — 148 с.

9. *Приложение 10. Авиационная электросвязь. Т. 2 (Правила связи, включая правила, имеющие статус PANS)*. — 6-е изд. — Монреаль : ICAO, 2006, включая поправки 1—40. — 73 с.

10. *Приложение 11*. Обслуживание воздушного движения. — 13-е изд. — Монреаль : ICAO, 2001, включая поправки 1—45. — 113 с.
11. *Организация* воздушного движения: Doc. ICAO. 4444 — ATM/501. — 15-е изд. — Монреаль : ICAO, 2007. — 461 с.
12. *Руководство* по радиотелефонной связи: Doc ICAO 9432 — AN/925. — 3-е изд. — Монреаль: ICAO, 2006. — 1311 с.
13. *Дополнительные* региональные правила Doc ICAO 7030/4. — 4-е изд. — Монреаль : ICAO, 1987.
14. *Закора С. А.* Аналіз методів розв'язання конфліктних ситуацій в умовах вільного польоту / С. А. Закора // Вісн. НАУ. — 2005. — №1. — С. 42—47.
15. *Харченко В. П.* Метричний простір ситуацій ПР літальних апаратів / В. П. Харченко, Д. О. Корчунов // Вісн. НАУ. — 2002. — №3. — С.63—68.
16. *Косенко Г. Г.* Проблемы классификации объектов и ситуаций при решении задач обеспечения полётов/ Г. Г. Косенко, В. П. Харченко // Проблемы совершенствования радиоэлектронных комплексов и систем обеспечения полётов: Тез. докл. II МНТК. — К. : КИИГА, 1992. — С. 5, 6.
17. *ESARR 1. Safety Oversight in ATM: Eurocontrol.* — 2004. — 24 p.
18. *ACAS II bulletin «FOLLOW THE RA!»: Eurocontrol.* — July, 2002.
19. *ACAS II Programme, version 2.0: Eurocontrol.* — May, 2000.
20. *Руководство* по эксплуатации. Ч. 2. Рабочее место исполнительного диспетчера. РЭ 1 У 13703536.721-02. — К. : НПО «Аэротехника», 2004. — 84 с.
21. *Руководство* по эксплуатации. Рабочее место диспетчера планирования. РЭУ 13703536.753-02. — К.: НПО «Аэротехника», 2004. — 64 с.



ЗІТКНЕННЯ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ У ПОВІТРІ

Зіткнення двох літаків Ту-134 у районі Дніпродзержинська

11 серпня 1979 р. о 13 год 35 хв на висоті 8400 м у районі Дніпродзержинська зіткнулися два літаки Ту-134А.

Загинуло 178 людей — 13 членів екіпажів і 165 пасажирів, у тому числі футболісти команди «Пахтакор» міста Ташкент.

Цього дня в південно-західному секторі Харківського районного диспетчерського центру (РДЦ) метеорологічні умови видалися непростими: небо з ранку затягло хмарами, висота яких досягала 9000 м.

О 07 год 50 хв на чергування заступила чергова зміна диспетчерів. На інструктажі керівник польотів С. Сергеев акцентував увагу підлеглих на несприятливому прогнозі погоди, рекомендував суворо витримувати інтервали між літаками й попереджати льотчиків про складні метеорологічні умови. Але ось що дивно: найбільш напружений, південно-західний сектор С. Сергеев довірив молодому диспетчеру третього класу М. Жуковському. Цей недосвідчений фахівець тільки навесні закінчив училище й провів усього кілька самостійних змін, причому в присутності більш досвідченого колеги і в «спокійні» години, коли повітряний рух не був інтенсивним.

11 серпня роботу М. Жуковського повинен був контролювати диспетчер першого класу В. Сумський, що відповідав за польоти літерних рейсів. Але відповідно до посадової інструкції контролювати роботу іншого диспетчера, а тим більше втручатися в його дії міг тільки старший диспетчер зміни або керівник польотів. Таким чином, С. Сергеев порушив інструкцію, що в кінцевому підсумку призвело до трагедії. Пульти диспетчерів обладнано засобами радіозв'язку й індикаторами РЛС з нанесеними контурами підконтрольних ділянок повітряних трас. Розрахунок взаємного розходження літаків виконували диспетчери вручну на підставі інформації, яку доповідали екіпажі літаків. Заступивши на зміну, М. Жуковський швидко оцінив повітряну ситуацію: на двох паралельних трасах, Харків — Одеса і Донецьк — Кременчук вісім пасажирських лайнерів; військових літаків у зоні його відповідальності немає.

О 12 год 53 хв з аеропорту м. Воронежа вилетів літак Ту-134А (бортовий номер 65816) Молдавського управління цивільної авіації, що виконував рейс 7628 по маршруту Челябінськ — Воронеж — Кишинів. Командир екіпажу — А. Тараненко.

Серед 88 пасажирів — 16 дітей віком до 12 років.

О 13 год 11 хв за московським часом з Донецька піднявся в повітря ще один лайнер Ту-134А (бортовий номер 65735) Білоруського управління цивільної авіації. Він виконував рейс 7880 по маршруту Ташкент — Гур'єв — Донецьк — Мінськ. Командир екіпажу — А. Комаров. На борту 77 пасажирів; серед них — футболісти ташкентського «Пахтакора», що летіли на матч із мінськими динамівцями. Політ проходив у заданому режимі, радіозв'язок — нормальний.

О 13 год 17 хв на зв'язок з диспетчером М. Жуковським вийшов екіпаж літака молдавського авіазагону. Командир екіпажу А. Тараненко доповів розрахунковий час прольоту Харкова на висоті 8400 м о 13 год 22 хв, Краснограда — о 13 год 28 хв і траверзу Нікополя — о 13 год 43 хв і запросив дозвіл на заняття ешелону 9600 м. Але Жуковський відмовив йому з тієї причини, що на висоті 9600 м перебуває попутний літак. Більш досвідчений диспетчер обов'язково дав би дозвіл, оскільки відстань між літаками була достатньою для їх безпечного розходження.

А тим часом у зону відповідальності диспетчера Жуковського на висоті 8400 м увійшов ще один літак Ту-134А (бортовий номер 65656). Різниця в розрахунковому часі прольоту між цим літаком і молдавським лайнером становила всього одну хвилину, що створювало реальну загрозу небезпечного зближення літаків у повітрі.

Доки Жуковський розводив ці літаки, о 13 год 25 хв з ним на зв'язок вийшов командир білоруського літака Ту-134 Комаров, повідомивши, що виконує політ на висоті 5700 м, назвав свій підписаний рівень — 9600 м; розрахунковий час прольоту Дніпропетровська — 13 год 34 хв, Кременчука — 13 год 44 хв. Маршрути польоту молдавського й білоруського лайнерів перетиналися під прямим кутом у районі міста Дніпродзержинська, причому інтервал розходження літаками цього «повітряного перехрестя» становив менше хвилини. Але Жуковський, що неправильно наніс на графік руху літаків розрахунковий час прольоту Харкова і Краснограда, які повідомив йому Тараненко, помилково розрахував, що молдавський і білоруський літаки в момент перетинання маршрутів розділяє час у три хвилини, необхідний за графіком. Тому він без перевірки взаємного розташування літаків за допомогою радіолокатора дав команду Комарову займати рівень 7200 м.

О 13 год 34 хв, після підтвердження прольоту Дніпропетровська, Комаров одержав дозвіл піднятися на висоту 8400 м і чекати дозволу на подальший набір висоти, оскільки назустріч на висоті 9000 м летів Іл-62 (бортовий номер 86676).

І знову Жуковський не подивився на індикатор повітряної обстановки і не проконтролював розташування білоруського й молдавського літаків. Дозволивши Комарову зайняти рівень 8400 м, диспетчер перевів ситуацію в критичну, оскільки на цій же висоті прямував молдавський літак (бортовий номер 65816) під командуванням Тараненка. Диспетчер Сумський у дії Жуковського до певного часу не втручався. Але коли почув доповідь Комарова про проліт Дніпропетровська на висоті 8400 м, відразу зрозумів — відбувається щось недобре.

Два літаки Ту-134А швидко зближалися на одній висоті. І хоча графік руху показував, що інтервал між прольотами лайнерами точки перетинання повітряних трас становить три хвилини, на екрані радіолокатора була інша картина. Сумський зрозумів, що літаки треба негайно розвести по висоті, і віддав кілька розпоряджень.

13 год 34 хв 07 с. Шестьсот семьдесят шестой (позывные Ил-62), займите эшелон девять шестьсот.

13 год 34 хв 28с. Семьсот тридцать пятый (позывные Ту-134А), а вы девять тысяч займите. Над Днепродзержинском восемь тысяч четыреста пересекающий.

У відповідь у динаміку пролунало:

«Понял... (неразборчиво) восемь тысяч четыреста».

Зрозумівши останню фразу як підтвердження екіпажу Комарова про зайняття ешелону 9000 м, Сумський вирішив, що криза минула, і відійшов від робочого місця Жуковського. А тим часом до катастрофи залишалось ледве більше хвилини.

За цей час диспетчери жодного разу не проконтролювали виконання наказу про зміну висоти. Можливо, тут спрацювала ще одна, психологічна пастка, характерна для стресових ситуацій: обидва диспетчери почули у відповіді позивний «735», тому що чекали відповіді тільки від 735-го. Сумський зауважив молодому колезі: «Зрозумів, що могло трапитися?» — після чого почав переговори із трьома іншими літаками, які було потрібно розвести.

О 13 год 35 хв 38 с сталося страшне: молдавський літак Ту-134А врізався під кутом 95° у білоруський лайнер. Ніщо не могло запобігти трагедії: обидва літаки рухалися в хмарах, пілоти не мали можливості візуально виявити один одного і відвернути убік. Величезні зустрічні швидкості, страшна сила удару та велика висота польоту не залишили пасажирів ні єдиного шансу на порятунок.

Падіння лайнерів спостерігав екіпаж літака Ан-2 Донецького авіапідприємства під командуванням льотчика І. Чернова, що виконував регулярний рейс по маршруту Черкаси — Донецьк.

Другий пілот закричав: «Ігор Олександрович, дивися!» Правіше від їх курсу, у небезпечній близькості, із хмар падали уламки літака: покручений хвіст, шматки крила, стояки шасі і... люди.

Чернов передав на землю: «*Борт 91734. В районі населеного пункту Куриловка наблюдаю падение частей самолета. По-моему, Ту-134*». Його повідомлення наземні служби прийняли о 13 год 40 хв, а о 14 год 08 хв з аеродрому Підгородне злетів Ан-2 пошуково-рятувальної служби. Незабаром його командир доповів, що поблизу сіл Курилівка, Миколаївка і Єлизаветівка розкидано металеві уламки, людські тіла та два вогнища пожежі. До місця падіння літаків негайно прибула міліція, а до вечора весь район катастрофи оточили війська. Почалася кропітка робота зі збору уламків літаків і людських останків. Люди, що впали з висоти восьми кілометрів, перетворилися в криваве м'ясо; впізати загиблих вдавалося тільки за паспортами дорослих. Дітей впізнали не всіх, що викликало конфлікти, невдоволення родичів.

З'ясування обставин катастрофи почали з дослідження уламків літаків. Після ретельного вивчення зробили такий висновок: «У процесі... обслуговування обох літаків дефектів, які могли б служити причиною льотної події, не виявлено... . Технічне обслуговування проводилося відповідно до вимог регламенту. В аеропортах міст Воронежа і Донецька порушень щодо завантаження, заправлення і центрування не встановлено. На бортах не було заборонених до перевезення предметів і речей, здатних спричинити аварійну ситуацію. Стан радіотехнічних засобів УПР, навігації й зв'язку не міг негативно вплинути на розвиток подій. Метеорологічне забезпечення не могло стати причиною катастрофи. У районі Харківського РДЦ 11 серпня з 13-ї по 14-ту годину запуск кульзондів, бойові стрільби і запуски ракет не проводилися. Рівень професійної підготовки екіпажів обох ПК, а також досвід їх роботи не є причиною авіакатастрофи». Стало зрозуміло, що трагедія відбулася з вини диспетчерів Харківського РДЦ.

Диспетчерів Жуковського і Сумського арештували, почалося слідство. У його ході з'ясувалося, що, незважаючи на високу кваліфікацію, Сумський неодноразово отримував стягнення за порушення технології роботи й фразеології радіообміну під час УПР.

За три місяці до катастрофи він допустив небезпечне зближення в повітрі пасажирських авіалайнерів Іл-18 і Ту-134, що виконували політ на висоті 8400 м. Проте виконуючий обов'язки керівника польотів Сергеев доручив саме Сумському контролювати роботу менш досвідченого колеги, до того ж із правом втручання в його дії.

Фатальну помилку допустив Сумський у той момент, коли він вирішив, що фраза *«Понял... (неразборчиво) восемь тысяч четыреста»* вимовлена командиром білоруського літака. Проведена експертиза магнітофонного запису встановила, що ця фраза належала командирові літака Іл-62 № 86676. Повністю вона звучала так:

«Понял, шестьсот семьдесят шестой, восемь тысяч четыреста».

Безглузда помилка: відповідь одного екіпажу диспетчер прийняв за доповідь іншого. Більше хвилини літак Ту-134 білоруського авіазагону продовжував прямувати з попереднім курсом і на попередній висоті, доки не врізався в молдавський лайнер.

Зіткнення літаків Ту-134А та Ан-26 над Львовом

3 травня 1985 р. у небі над Львовом зіткнулися у повітрі літак Ту-134А авіакомпанії «Аерофлот» і військово-транспортний літак Ан-26. У цій катастрофі загинуло 94 людини.

3 травня 1985 р. у Таллінні була ясна безвітряна погода. Але екіпаж літака Ту-134А Естонського управління цивільної авіації під командуванням льотчика першого класу М. І. Дмитрієва вже знав із метеозведення, що на більшій частині маршруту Таллінн — Львів — Кишинів очікуються грозові фронти, багат шарова дощова хмарність, турбулентність і навіть обледеніння.

Як не дивно, Микола Іванович був навіть задоволений таким несприятливим прогнозом. Річ у тім, що в цьому рейсі він як пілот-інструктор і командир ескадрильї опікував уже досить досвідченого льотчика В. М. Дякіна, що готувався зайняти ліве крісло в кабіні літака Ту-134, і вважав, що зайвий політ у такій непростій ситуації піде майбутньому командирові тільки на користь.

О 10 год 20 хв, точно за розкладом, забрали трап, і о 10 год 38 хв літак Ту-134А (бортовий номер 65856) узяв курс на Львів.

Тим часом в аеропорту Львова повним ходом ішла підготовка до вильоту військово-транспортного літака Ан-26, що повинен доставити в Москву майже все керівництво військово-повітряних сил (ВПС) Прикарпатського військового округу.

Разом із командувачем генерал-майором авіації Є. І. Крапивіним у столицю летіли член військової ради В. М. Доценко, начальник штабу ВПС округу С. А. Волков, дружина командувача 40-ю армією Бориса Громова та багато інших. З батьком у політ напросилися й обидва сини командувача — Андрій і Олександр. Не дивно, що пілотувати Ан-26 довірили самому досвідченому екіпажу військової частини 15956.

Командир корабля підполковник Шишковський провів у небі майже шість тисяч годин, з них 1430 — на лівому кріслі транспортних літаків «Анів». Пілотувати літак йому допомагав В.В. Биковський, син відомого космонавта Валерія Биковського, недавній випускник. Лейтенант Биковський налітав на літаку Ан-26 усього 450 год, але вже встиг зарекомендувати себе з кращого боку. Кваліфікація і досвід інших членів екіпажу військово-транспортного літака теж не викликали сумнівів. Високопоставлені пасажери прибули на борт літака без запізнення, і о 12 год 02 хв Ан-26 вилетів зі Львівського аеропорту.

Третього травня польоти у зоні відповідальності Львівського району УПР забезпечувала диспетчерська зміна керівника польотів аеропорту Львів Л. А. Квашина. На початку місяця погоду в Західній Україні визначала зона низького тиску й зумовлений нею теплий фронт, що проходив південніше Львова. Небо над аеропортом щільно затягнуло багат шаровою розірвано-дошовою хмарністю, — нижня межа її ледь не торкалася землі, а верхня — досягала висоти 5—6 км. Видимість у хмарах була майже нульовою, і тому відповідальність авіадиспетчерів за безпеку польотів зростала багаторазово. Від них залежали життя сотень пасажирів і членів екіпажів літаків, що проходили через повітряну зону Львівського РДЦ. У розпорядженні диспетчерів і оглядовий трасовий локатор ТРЛ-139, і вторинний локатор «Корень-АС», і оглядовий аеродромний локатор ДРЛ-7СМ — загалом, усе необхідне для управління рухом літаків у будь-яких погодних умовах.

Естонський літак Ту-134 увійшов у Львівську повітряну зону о 12 год 06 хв на висоті 7800 м. Екіпаж уже приготувався до зниження для заходу на посадку в аеропорт Львів і запросив у диспетчера східного сектора РДЦ В. В. Шевченка дозвіл зайняти ешелон 4200 м. Шевченко спочатку зниження дозволив, але через кілька секунд наказав командирі Ту-134 знизитися до 4800 м, мотивуючи це тим, що їм назустріч на висоті 4500 м прямує літак Ан-24. На відстані 25 км від окремої привідної радіостанції (ОПРС) Золочів літаки розійшлися, і відразу надійшов дозвіл на подальше зниження до 4200 м.

О 12 год 11 хв екіпаж літака Ту-134 отримав повідомлення від диспетчера, що в районі ОПРС є ще один зустрічний літак, який прямує на висоті 3900 м, — військово-транспортний Ан-26 № 26492. Через 3 хв після зльоту його командир Шишковський вийшов на зв'язок з диспетчером підходу П. А. Савчуком і отримав від нього дозвіл займати ешелон 3900 м на ОПРС Золочів.

Незабаром радисту літака Ан-26 повідомили із землі, що на висоті 4200 м назустріч летить Ту-134 з поздовжнім інтервалом 10 км. О 12 год 12 хв літак Ан-26 (бортовий номер 26492) зайняв зазначений ешелон, негайно доповів про це диспетчеру та попросив повідомити відстань від ОПС Золочів.

Диспетчер Савчук, що керував літаком Ан-26, помилився щодо визначення місця розташування військово-транспортного літака на екрані радіолокатора.

Він сплутав відмітку пасажирського літака Ан-24, що прямував попереду в тому ж напрямку, з відміткою літака Ан-26 і повідомив, що відстань літака до привідної радіостанції становить 65 км (насправді вона становила 56 км). Не перевіривши своїх розрахунків, Савчук поспішив передати військовий літак диспетчеру східного сектора РДЦ Шевченку. А сам через секунду зв'язався з екіпажем літака Ту-134 і вимовив фатальну фразу:

«Восемьсот пятьдесят шестому! Снижение до трех тысяч шестисот к четвертому развороту для захода на посадку курсом триста двенадцать!»

Команду було виконано негайно.

О 12 год 13 хв літаки Ту-134 і Ан-26 зіткнулися в хмарах на висоті 3900 м, у 61 км від Золочева. Розшифрування інформації, записаної «чорним ящиком» і бортовим магнітофоном, показало, що за кілька миттєвостей до катастрофи пілоти цивільного літака помітили в розривах хмарності силует Ан-26 і спробували різко відвернути вправо. Аналогічну спробу почав і екіпаж підполковника Шишковського, але занадто пізно.

Літаки зіткнулися лівими площинами. Від удару в «Антонова» відірвало крило, а кнопку переговорного пристрою заклонило.

Сім секунд, які літак падав на землю, «голосовик» неупереджено фіксував лемент пасажирів, що гинуть (напевно, двері в салон виявилися розкритими).

Окремих слів на плівці не можливо зрозуміти, але чітко чутні жіночі голоси. На борту обох літаків — 94 людини...

О 12 год 20 хв до чергового в/ч 3350, дислокованої в районі Золочева, зателефонував невідомий: «Тільки що чув у повітрі сильний удар. Біля ферми впали уламки літака!»

Особовий склад частини був піднятий по тривозі і спрямований до місця події. Незабаром туди ж прибула аварійно-рятувальна команда Львівського аеропорту і військовослужбовці в/ч 15956, якій належав літак Ан-26.

О 12 год 44 хв військовий вертоліт виявив місце падіння частин літака Ту-134. Біля них уже були пожежники, але рятувати і там, на жаль, уже не було кого.

Обставини того, що трапилося, ретельно аналізували. Було перевірено професійну підготовку пілотів і диспетчерів, вивчено необхідні документи і матеріали, організовано численні технічні та судово-медичні експертизи. На щастя, «чорні ящики» не постраждали, що значно полегшило роботу експертів. Словом, досліджено все до дріб'язків. Але тільки через сім років, у 1992 р., у журналі «Цивільна авіація» з'явилася докладна стаття про цю катастрофу.

Із самого початку розслідування основні підозрювані — диспетчери Львівського РДЦ. Диспетчер підходу П. А. Савчук працює у центрі від часу списання з льотної роботи на пенсію у віці 48 років. Закінчив двомісячні курси диспетчерів в Уляновському навчальному центрі й допущений до самостійної роботи у вересні 1984 р. із присвоєнням кваліфікації «диспетчер служби руху третього класу». Його безпосередній начальник А. М. Квашин і диспетчер східного сектора В.В. Шевченко мали набагато більше досвіду роботи в службі УПР. Квашин навіть закінчив Академію цивільної авіації зі своєї спеціальності та, незважаючи на досить молодий вік, мав кваліфікацію диспетчера першого класу. Здавалося б, професіоналізм цих фахівців не викликав ніяких сумнівів, але в діях Савчука, Квашина й Шевченка, що призвели до зіткнення ПК, комісія виявила низьку кваліфікацію, злочинну недбалість і безвідповідальність. Не зумівши правильно визначити положення літака Ан-26 на індикаторі кругової оглядовості, Савчук показав своє невміння працювати із засобами радіолокаційного контролю. Про його низький професіоналізм свідчить і той факт, що він дав команду на зниження екіпажу літака Ту-134, не уточнивши повітряної ситуації, не впевнившись, що забезпечуються безпечні інтервали ешелонування між літаками. Не менш тяжка провина за те, що трапилося, лежить і на керівнику польотів Квашині. Як старший зміни і найбільш досвідчений диспетчер, що чергував у той день у Львівському РДЦ, він не мав права ні на секунду випускати з виду дії своїх підлеглих, особливо в такій напруженій ситуації. Він просто зобов'язаний був втрутитися в дії Савчука й спробувати розвести літаки Ан-26 і Ту-134.

Зіткнення літака Ту-154 з Boeing-757 над Боденським озером

1 липня 2002 р. літак Ту-154, що виконував рейс 2937 «Башкирських авіаліній», зіткнувся в повітрі з Boeing-757, що виконував рейс авіакомпанії «Люфтганза» DHL 611.

Зіткнення відбулося недалеко від міста Юберлінген, біля Боденського озера (Німеччина). Катастрофа забрала життя всіх, хто перебував на борту літаків (71 людина, у тому числі 52 дитини).

Літак Ту-154 «Башкирських авіаліній» прямував за маршрутом Москва — Барселона. На його борту перебувало 12 членів екіпажу і 57 пасажирів, у тому числі 52 дитини (в основному — діти високопоставлених чиновників Башкортостану), що летіли на відпочинок в Іспанію. Ця поїздка була організована Комітетом зі справ ЮНЕСКО Башкирії як заохочення за відмінне навчання.

Напередодні ця група спізнилася на свій рейс. «Башкирські авіалінії» на прохання туристичних фірм, що займалися поїздкою, терміново організували додатковий рейс. Тому на борту було мало інших пасажирів, крім групи дітей і дорослих, що супроводжували їх. *Boeing-757*, що належав *DHL*, виконував вантажний рейс із Бергамо (Італія) у Брюссель (Бельгія). На його борту перебувало два пілоти.

Незважаючи на те, що обидва літаки перебували над територією Німеччини, УПР у цьому місці здійснювалося швейцарською компанією *Skyguide*. У диспетчерському центрі, розташованому в Цюриху, через нічний час працювали тільки два авіадиспетчери. Незадовго до зіткнення один з диспетчерів пішов на перерву, таким чином на чергуванні залишився лише один диспетчер, Пітер Нільсен, який змушений працювати одночасно за двома терміналами, і асистента.

Диспетчер занадто пізно помітив, що два повітряні кораблі, що перебували на одному ешелоні 36 000 футів, небезпечно зближуються. Менш ніж за хвилину до моменту, коли їхні курси повинні були перетнутися, він спробував виправити ситуацію.

23 год 35 хв 05 с (час місцевий). У кабіні літака Ту-154 пролунала команда *TCAS*, яка видала інформацію про необхідність набирати висоту «*Traffic, Traffic!*» (*Встречный борт, встречный борт!*).

23 год 35 хв 10 с. Диспетчер передав екіпажу російського літака команду знижуватися.

«BTC 2937... снижайтесь, эшелон полета... триста пятьдесят, ускорьте, у меня пересекающийся борт». (Трикрапкою позначені невстановлені слова або частини фраз).

На борту літака Ту-154 до цього моменту вже помітили літак, що наближається ліворуч, і були готові до того, що необхідно буде виконувати маневр для розходження з ним. Тому вони розпочали зниження відразу після отримання команди (фактично, навіть до того, як вона була закінчена).

23 год 35 хв 17 с. Лунає команда *TCAS* на борту *Boeing-757* знижувався, «*Descend, descend!*» (*Снижение, снижение!*).

Boeing-757 розпочинає зниження. Через 10 с після команди диспетчера спрацьовує *TCAS* на борту літака Ту-154.

23 год 35 хв 20 с. «*Climb, climb!*» (*Набрать высоту, набрать высоту*).

23 год 35 хв 21 с. Один зі членів екіпажу (другий пілот) Ту-154 звернув увагу інших на інструкцію *TCAS*, йому відповіли, що диспетчер дав команду знижуватися. Через це ніхто не підтвердив отримання команди (хоча літак уже знижувався).

23 год 35 хв 23 с. «*Снижайся!*»

Не отримавши відповіді на першу команду (о 23 год 35 хв 10 с), диспетчер через 15 с повторює команду. Саме через це швейцарська та німецька сторони стверджували, що російський пілот не розумів диспетчера.

23 год 35 хв 25 с. Диспетчер: «*ВТС2937. Снижайтесь, эшелон полета триста пятьдесят, ускорьте снижение!*».

23 год 35 хв 30 с. «*Ускоряю снижение, эшелон триста пятьдесят*». Екіпаж літака Ту-154 виконує команду. При цьому диспетчер помилково повідомив неправильні відомості про інший літак, зокрема, що той перебуває праворуч від Ту-154.

23 год 35 хв 35 с. «*Да, у нас борт, вам под два часа, сейчас на триста шестьдесят*».

Як показало надалі розшифрування «чорних ящиків», деякі з членів екіпажу були уведені в оману цим повідомленням і, можливо, вирішили, що є ще один літак, невидимий на екрані *TCAS*. Літак Ту-154 продовжував знижуватися, дотримуючись інструкцій диспетчера, а не *TCAS* «*Increase climb, increase climb!*» (*Немедленный набор высоты, немедленный набор высоты!*). Ніхто з пілотів не проінформував диспетчера про отримання суперечливих команд.

23 год 35 хв 41 с. «*611, TCAS descent*». (*Я шестьсот одиннадцатый, мой TCAS дает команду на снижение*).

На жаль, диспетчер не почув цього повідомлення через те, що інший літак одночасно вийшов на зв'язок з ним на іншій частоті.

23 год 35 хв 44 с. «*Где он?!*» Член екіпажу Ту-154 (по внутрішньому зв'язку).

23 год 35 хв 45 с. *TCAS* Ту-154: «*Increase climb, increase climb!*» (*Немедленный набор высоты, немедленный набор высоты!*)

23 год 35 хв 49 с. «*Climb он говорит!*». Другий пілот повідомляє про команду *TCAS*, що відрізняється від команди диспетчера, знову на це ніхто не звертає уваги.

В останні секунди пілоти обох літаків спробували запобігти зіткненню, повністю відхиливши штурвали, але це не допомогло. Літаки Ту-154 і *Boeing-757* зіткнулися майже під прямим кутом. Вертикальний стабілізатор *Boeing-757* вдарив по фюзеляжу російського літака. Ту-154 розвалився в повітрі на кілька частин, що впали на околицях Юберлінгена. *Boeing-757*, що втратив стабілізатор, втратив управління і теж розбився. Всі люди, що перебували в обох літаках, загинули.

23 год 35 хв 55 с. «*Столкновение*».

Розслідуванням катастрофи займалася комісія, створена німецьким Федеральним відомством з розслідування авіаційних катастроф (*BFU*). Підсумковий звіт був опублікований у травні 2004 р. Комісія назвала дві безпосередні причини зіткнення:

1. Авіадиспетчер не зміг забезпечити безпечне ешелонування між літаками. Інструкція знижуватися була передана екіпажу літака Ту-154 занадто пізно.

2. Екіпаж літака Ту-154 продовжив зниження всупереч рекомендації *TCAS* набирати висоту.

Крім цього, у звіті відзначено помилки керівництва компанії «*Skyguide*» і *ICAO*. Керівництво компанії «*Skyguide*» протягом декількох років мирилося з тим, що в нічний час тільки один диспетчер керував повітряним рухом, коли його напарник відпочивав, і не забезпечило достатньої кількості персоналу, щоб змінити цю практику. На додаток до цього у ніч зіткнення обладнання, що підказує диспетчеру про виникнення небезпеки зближення літаків, було вимкнено для проведення технічного обслуговування. Були також вимкнені телефони. Через це Нільсен у критичний момент не зміг домовитися з диспетчером аеропорту Фрідріхсхафен, щоб він зайнявся літаком, що прибуває із затримкою, за яким він стежив за іншим терміналом. З цієї ж причини диспетчери в Карлсруе, що бачили небезпечне зближення літаків, не змогли попередити про нього Нільсена.

Комісія відзначила також, що документи *ICAO*, що регламентують застосування *TCAS* і, як наслідок, документи, якими керувався екіпаж Ту-154, були неповними й частково суперечливими. Хоча, з одного боку, у них є пряма заборона виконання маневрів, що суперечать підказкам *TCAS*, з другого боку, ця система була названа допоміжною, а це могло створити враження, що інструкції диспетчера мають пріоритет. До цієї катастрофи відбулося кілька небезпечних зближень через те, що екіпаж одного літака додержувався підказок *TCAS*, а екіпаж іншого — виконував маневри всупереч їм. Проте необхідні роз'яснення були опубліковані тільки після катастрофи.



ЗБЛИЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ КОРАБЛІВ У ПОВІТРІ

17.08.88 р. о 07 год 48 хв екіпажем ПК Іл-86 (бортовий номер 86070), що виконував рейс 8656 Сухумі — Ленінград було заявлено про небезпечне зближення з відомчим ПК, що перетнув курс польоту на одній висоті й відстані 1 км.

Екіпаж Іл-86 після прольоту пункту обов'язкового донесення (ПОД) Анапа на ешелоні 8600 м запитав у диспетчера дозвіл на набирання ешелону 9100 м, на що отримав відповідь диспетчера про закриття ешелону 9100 м.

У цей час група в складі трьох відомчих літаків Ту-16 виконувала політ на бойове застосування з перетинанням повітряної траси В-11 на ділянці Анапа — Жданов.

Прямуючи на висоті, нижчій від заданої, ведучий групи надав помилкову інформацію військовим секторам РДЦ Сімферополя і Краснодару про займання групою заданих ешелонів 9100 і 9600 м, а фактичні ешелони були:

- у ведучого, позивний 45522 — 8000 м;
- у першого веденого, позивний 45526 — 8400 м;
- у другого веденого, позивний 45528 — 9100 м.

Причиною небезпечного зближення в польоті виявилася недисциплінованість, злочинна безвідповідальність ведучого групи, який порушив порядок перетинання повітряних трас, дезінформував органи УПР Сімферопольського і Краснодарського РДЦ про фактичну висоту польоту.

17.09.95 р. о 06 год 44 хв (*UTC*) у Магаданському РДЦ у точці перетинання повітряних трас В-105 і Б-337 Сулал на курсах, що перетинаються, на ешелоні 10600 м у простих метеорологічних умовах відбулося небезпечне зближення літаків *Boeing-747*, що виконував рейс *NWA 019* по маршруту Анкоридж — Токіо, та Іл-62 (бортовий номер 86461), що виконував рейс 54 по маршруту Петропавловськ-на-Камчатці — Москва.

Екіпаж літака *Boeing-747*, візуально виявив у безпосередній близькості попереду літака Іл-62, негайно вимкнув автопілот і різко відвернув уліво. За доповіддю екіпажу *Boeing-747* у момент розходження Іл-62 перебував на одній висоті попереду праворуч курсу на відстані близько 150 м.

Розрахунковий ризик зіткнення в момент розходження ПК більш ніж в 50 мільйонів разів перевищував допустиме нормативне значення ІСАО.

Основні помилки диспетчера, що призвели до виникнення небезпечного зближення:

- неточне нанесення на графік руху інформації про плани польоту;
- невміння диспетчера використовувати засоби процедурного контролю за рухом ПК для забезпечення їх ешелонування.

Виникненню помилок диспетчера сприяло:

- нестійкий радіозв'язок з екіпажами ПК;
- неможливість виконувати радіолокаційний контроль за польотами ПК;
- брак належних навичок у диспетчера та системи контролю за їх підтримкою.

Для запобігання небезпечному зближенню було потрібно:

1. Під час управління рухом *Boeing-747 NWA 019* — коригувати прокладену на графіку лінію шляху за інформацією екіпажу про розрахунковий і фактичний час прольоту ПОД.
2. Під час приймання управління літака Іл-62:
 - запросити в екіпажу розрахунковий час прольоту точки перетинання повітряних трас Сулал;
 - коригувати прокладену на графіку лінію шляху за інформацією екіпажу про розрахунковий і фактичний час прольоту ПОД.
3. Під час виявлення за графіком можливості порушення встановлених інтервалів ешелонування — уточнити фактичне місце розташування конфліктуючих ПК і змінити траєкторію польоту одному з них.

Основні причини і відхилення, виявлені комісією в процесі розслідування небезпечного зближення:

1. У ході роботи диспетчер:
 - не виконав своїх обов'язків щодо дотримання безпечних інтервалів між ПК, що прямують по трасах, які перетинаються;
 - приймання інформації про рух ПК між секторами «Південь» і «Північ» Магаданського РДЦ здійснював з порушенням вимог технології роботи диспетчера;
 - графік руху вів з грубими порушеннями правил нанесення даних;

— виявив особисту недисциплінованість та показав недостатню професійну підготовку.

2. Керівник польотів:

- перед заступленням на чергування не перевіряв результатів проходження медичного контролю диспетчерським складом зміни;
- інструктаж зміни провів не якісно;
- не визначив порядку підміни диспетчерів у процесі роботи;
- не проводив «розіграшу» ситуації УПР;
- не зробив висновку про готовність зміни до роботи.

3. Начальник РДЦ організацією роботи займався не належним чином, контроль за використанням радіотехнічного обладнання не вів, засоби об'єктивного контролю не аналізував, за рівнем професійної підготовки диспетчерського складу не стежив.

Серед умов, що негативно вплинули на процес УПР, комісія відзначила:

- технології роботи диспетчера не містять алгоритмів дій під час польотів ПК по трасах, що перетинаються, на одному ешелоні;
- немає радіолокаційного контролю в точці перетинання повітряних трас над Сулал;
- невідповідність графіка руху реальним просторовим положенням у диспетчера сектора «Південь»;
- несвоєчасність і недостовірність інформації про рух ПК *Boeing-747 NWA 019*.

03.08.95 р. о 00 год 16 хв (*UTC*) у зоні відповідальності сектора «Південь» Самарського РДЦ на міжнародній повітряній трасі *G-3, b* у районі ПОД «Нагат» відбулося небезпечне зближення літака *A-340*, що виконував рейс *VS 200* за маршрутом Лондон — Гонконг, і літака *Boeing-747*, що виконував рейс *KLM 888* за маршрутом Куала-Лумпур — Амстердам.

Літак *A-340* набирав заданий ешелон 11 100 м, *Boeing-747* прямував у горизонтальному польоті на ешелоні 10600 зустрічним курсом. Повітряні кораблі розійшлися правими бортами: з різницею висот — 120 м та з бічним інтервалом — 400 м.

Катастрофічний розвиток був попереджений завдяки спрацюванню бортової системи попередження зіткнень *TCAS* і своєчасним діям екіпажів. Ризик зіткнення в момент розходження ПК більш ніж у 16 мільйонів разів перевищував нормативне значення ICAO.

Основні помилки диспетчера, що призвели до виникнення небезпечного зближення, спричинені вказівкою екіпажу ПК А-340 про подальший набір ешелону 11 100 м, під час якого диспетчер:

- не проаналізував ситуацію;
- припустився помилки в прогнозі її розвитку;
- не попередив екіпаж А-340 про наявність зустрічного руху на ешелоні 10 600 м;
- не погодив з екіпажем вертикальну швидкість набирання заданого ешелону;
- не забезпечив безпечного бічного інтервалу між ПК, що прямували зустрічними курсами.

09.08.95 р. о 09 год 02 хв (UTC) у зоні відповідальності об'єднаних секторів P-2 і P-5 Північно-Кавказького центру УПР на ділянці повітряної траси В 14, північніше ОПРС Морозовськ, відбулося небезпечне зближення літаків Ту-154 (бортовий номер 85140), що виконував рейс ВП 1256, за маршрутом Мінеральні Води — Москва і Ту-154 (бортовий номер 85803), що виконував рейс КЮ 3115 за маршрутом Москва — Кутаїсі. Літак Ту-154 (бортовий номер 85803) набирав ешелон 11100 м, Ту-154 (бортовий номер 85140) прямував зустрічним курсом на ешелоні 10600 м. Повітряні кораблі розійшлися лівими бортами: з різницею висот — 180 м і з бічним інтервалом — 4 км.

Основні помилки, що призвели до небезпечного зближення:

1. Помилки диспетчера РЛК:
 - не уточнив по індикатору параметри зустрічного руху ПК;
 - не потребував від диспетчера процедурного контролю розрахунку безпечного інтервалу для перетинання зустрічного ешелону;
 - не ввів у формуляр супроводу замість коду індивідуального розпізнання номер рейсу, яким працював екіпаж.
2. Помилки диспетчера процедурного контролю:
 - під час ведення графічного контролю не контролював проліт ПК ОПРС Морозовськ, умови польоту ПК та їх швидкості;
 - не інформував диспетчера РЛК про наявність зустрічного руху.

Виникнення помилок диспетчерів спричинили:

- дефіцит часу через високу інтенсивність повітряного руху;
- робота з екіпажем Ту-154 (бортовий номер 85803) радіопозивним номером рейсу КЮ 3115, тоді як у формулярі супроводу відображався код 5140;

— підвищений обсяг робіт із суміжними диспетчерськими пунктами.

Для запобігання небезпечному зближенню було необхідно:

1) диспетчеру РЛК — забезпечити розведення ПК під час перетинання зайнятого ешелону шляхом створення безпечного бічного інтервалу;

2) диспетчеру процедурного контролю — визначити за допомогою засобів процедурного контролю можливість конфлікту ПК і дати пропозиції для диспетчера РЛК щодо способу їх усунення.

Основні причини й відхилення, розкриті комісією в процесі розслідування небезпечного зближення:

1. Помилкові дії диспетчерів радіолокаційного та процедурного контролю:

— недотримання безпечних інтервалів між ПК;

— порушення правил ведення графіка руху.

2. Умови УПР:

— висока інтенсивність повітряного руху з перевищенням нормативів пропускної здатності об'єднаних секторів Р-2 і Р-5;

— недоліки планування повітряного руху.

3. Суттєві порушення організації роботи зміни з боку керівника польотів.

4. Незадовільна організація роботи диспетчерів об'єднаних секторів з боку старшого диспетчера напрямку.

5. Планування повітряного руху групою організації потоків проводилося окремо від Зонального центру; дані, закладені в програмне забезпечення, потребують ревізії й відновлення. Під час планування допускалися перевищення нормативів пропускної здатності.

6. Відповідно до технології групи диспетчери процедурного контролю виконують функції зі збору даних про польоти позарейсових ПК, тобто функції, не пов'язані з УПР.

7. Посадова інструкція старшого диспетчера напрямку не повною мірою відображає його обов'язки з організації роботи диспетчерів.

21.12.98 р. о 09 год 52 хв у зоні відповідальності Хабаровського РДЦ відбулося небезпечне зближення в районі ОПСР Троїцьке між ПК А-340, що виконував політ за маршрутом Франкфурт — Токіо і MD-11, що виконав політ за маршрутом Сан-Франциско — Пекін.

Літак А-340 увійшов у зону Хабаровського РДЦ по міжнародній повітряній трасі Р-22 над ПОД Адібо на ешелоні 10600 м о 09 год 25 хв (UTC).

Диспетчер РЦ-5 дозволив екіпажу виконувати політ на цьому ешелоні без доповідей про проліт ПОД Едінка та Троїцьке. Ця інформація була доведена диспетчеру РЦ-2.

В 09 год 44 хв у зону відповідальності РЦ-2 по трасі Г-212 увійшов MD-11 на ешелоні 10 600 м і доповів розрахунковий час польоту ПОД Троїцьке о 09 год 52 хв.

Диспетчер РЦ-2, маючи інформацію про рух ПК по трасі Р-22 на курсах, що перетинаються, на одному ешелоні 10600 м з розрахунковим інтервалом над ПОД Троїцьке в одну хвилину, без інформації екіпажу MD-11 про це, дозволив йому прямувати на ешелоні 10 600 м до Хабаровська.

В 09 год 52 хв екіпаж MD-11 доповів, що під кутом 30° ліворуч спостерігає рух ПК на своєму ешелоні та без інформації диспетчера РЦ-2 розпочав набір висоти та відворот управо від конфліктуючого ПК, який він сприйняв за зустрічний літак. Екіпаж літака А-340, отримавши сигнал від TCAS про небезпечний рух, також без інформації диспетчера РЦ-5 почав набирати висоту.

У результаті в районі ОПРС Троїцьке склалася небезпечна ситуація. За заявою екіпажу А-340 літаки розійшлися під час набирання висоти з поздовжнім інтервалом 3,5 км. Крім того, екіпажу А-310 довелося збільшити вертикальну швидкість набирання висоти, щоб розійтися з конфліктним бортом на висоті.

У ході розслідування авіаційного інциденту комісією були розкриті порушення в організації роботи зміни:

— старший диспетчер зміни за достатньої кількості диспетчерів був направлений керівником польотів на робоче місце РЦ-5, чим був ослаблений контроль за роботою диспетчера РЦ-2;

— сам керівник польотів, порушивши посадову інструкцію, ефективного контролю за роботою диспетчерського складу зміни не виконував.

09.07.06 р. Екіпаж ПК *Boeing-777-200*, що виконував рейс *BAW-198* Делі — Лондон на ділянці *KUGOS* — *ADINA* на ешелоні польоту 360, запитав дозволу на зайняття ешелону польоту 380.

Диспетчер УПР сектора 5 Сімферопольського РДЦ дав указівку екіпажу ПК *BAW-198* набирати ешелон польоту 380, який був зайнятий ПК *Boeing 747-400*, що виконував рейс *KAL-539* Бомбей — Брюссель.

Приблизно через 3 хв ПК *BAW-198* доповів про видачу системою *TCAS* попередження і витримування ним ешелону польоту 373, потім екіпаж ПК *KAL-539* повідомив, що він отримав рекомендацію *TCAS* про набирання висоти.

Виходячи з даних наземних засобів об'єктивного контролю, після появи радіолокаційної інформації від ПК *BAW-198* мінімальна відстань між ПК рейсів *KAL-539* та *BAW-198* становила 700 футів (близько 210 м). Подальший політ ПК рейсів *BAW-198* та *KAL-539* до точки *ADINA* відбувався без відхилень.

◇ ВИСНОВКИ ◇

Причиною видачі системою *TCAS* попередження у районі відповідальності Сімферопольського РДЦ 09.07.06 р. на ПК *Boeing 747-400*, державний реєстраційний знак *HL7462*, та *Boeing 777-200*, державний реєстраційний знак *GVIII*, є зменшення інтервалу вертикального ешелонування між цими ПК під час набирання ешелону польоту 380 рейсом *BAW-198* відповідно до дозволу, виданого диспетчером УПР, що призвів до порушення норм вертикального ешелонування, затверджених спільним наказом Міністерства транспорту та Міністерства оборони України від 01.08.2001 № 441/241 «Про введення в дію системи вертикального ешелонування ІКАО» та до порушення вимог пунктів 3.2.11, 4.3.3.1, 4.3.3.4 Правил польотів та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України.

Відхилення, які були виявлені під час розслідування:

1. Порушення вимог Правил радіолокаційного обслуговування та робочої інструкції сектора 5 у частині, що стосується порядку дій диспетчера УПР під час втрати ідентифікації ПК.

2. Неналежний рівень знання функцій АС УПР диспетчерським складом та некоректне їх застосування.

3. Незадовільний аналіз повітряної ситуації диспетчером УПР під час надання екіпажам ПК диспетчерських указівок та дозволів.



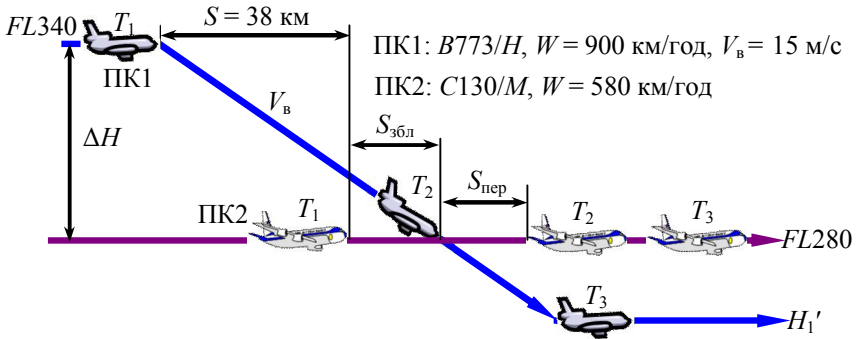
ЗАВДАННЯ З РОЗВ'ЯЗАННЯ ПОТЕНЦІЙНО КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ

1. Перетинання зайнятого рівня польоту

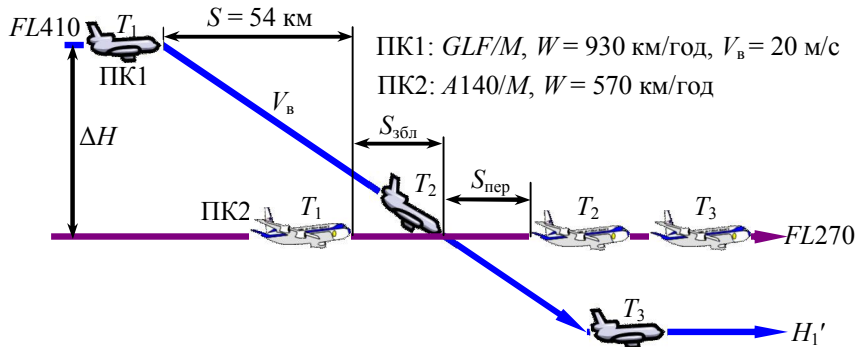
Визначте: час зниження (t_{zn}) або час набирання ($t_{наб}$) висоти, потрібний для перетинання зайнятого рівня польоту (в секундах); різницю висот ΔH зустрічних ПК у момент їх розходження; відстань $S_{збл}$, яку пройдуть обидва ПК за час зниження/набирання висоти; відстань $S_{пер}$, що залишиться між ПК у момент перетинання зайнятого рівня. Чи є ситуація потенційно конфліктною?

Опишіть метод вирішення ситуації. Наведіть приклад ведення радіотелефонного зв'язку.

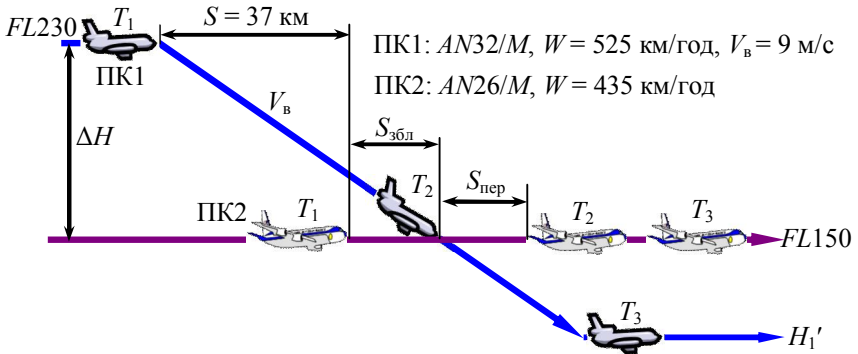
Ситуація 1.1



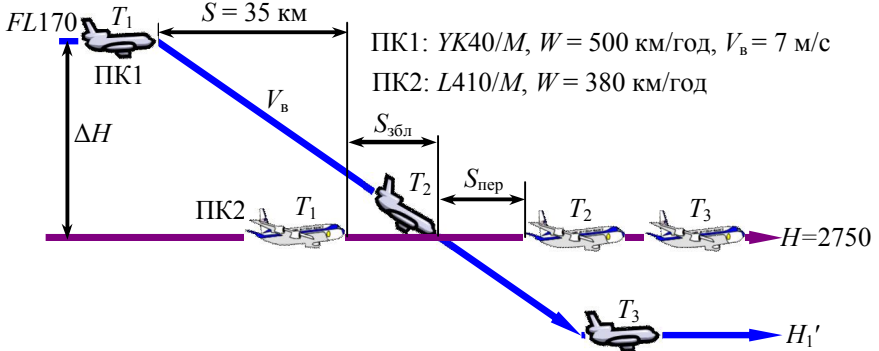
Ситуація 1.2



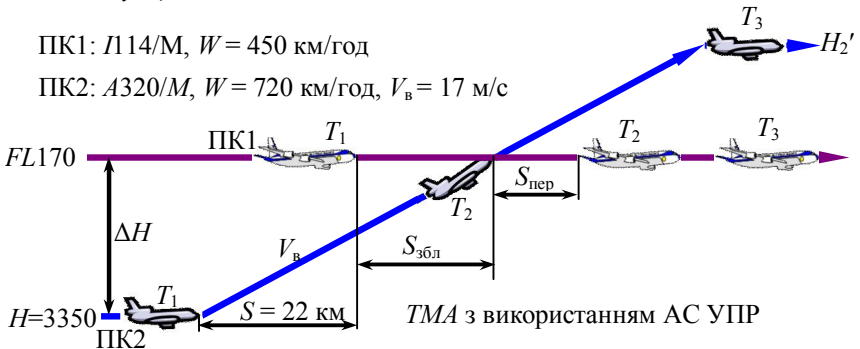
Ситуація 1.3



Ситуація 1.4



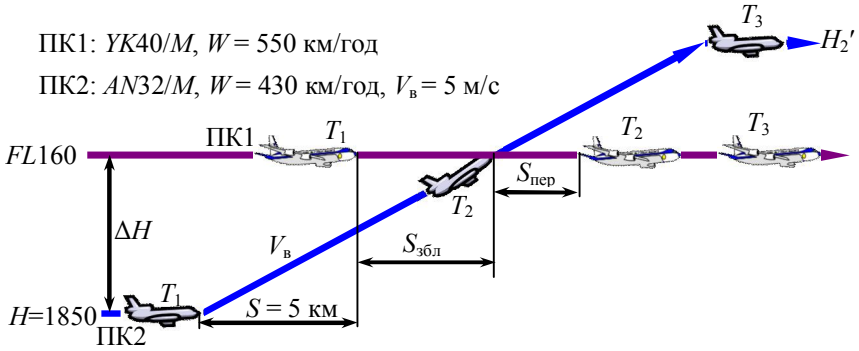
Ситуація 1.5



Ситуація 1.6

ПК1: УК40/М, $W = 550$ км/год

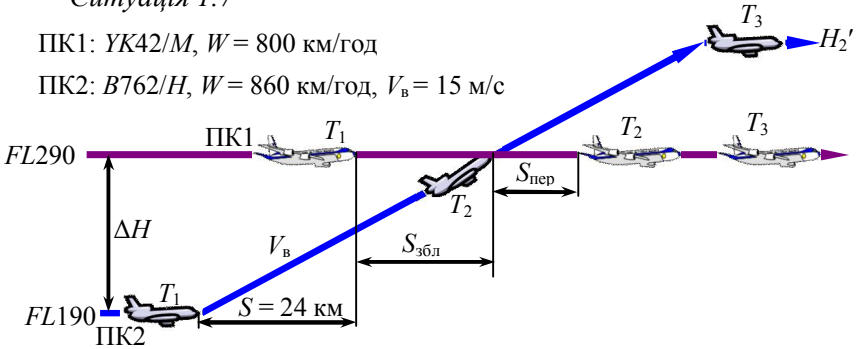
ПК2: АN32/М, $W = 430$ км/год, $V_B = 5$ м/с



Ситуація 1.7

ПК1: УК42/М, $W = 800$ км/год

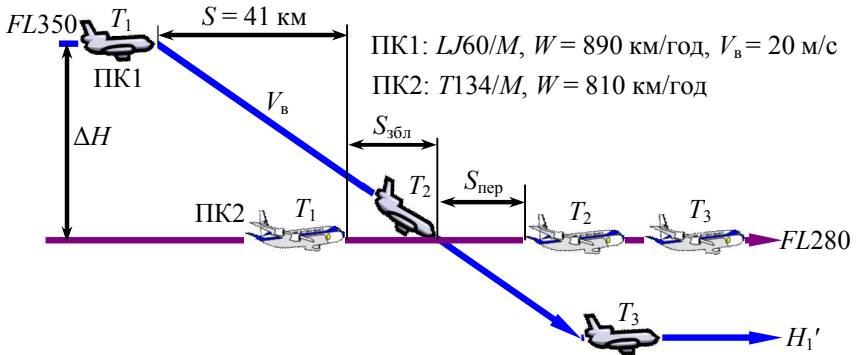
ПК2: В762/Н, $W = 860$ км/год, $V_B = 15$ м/с



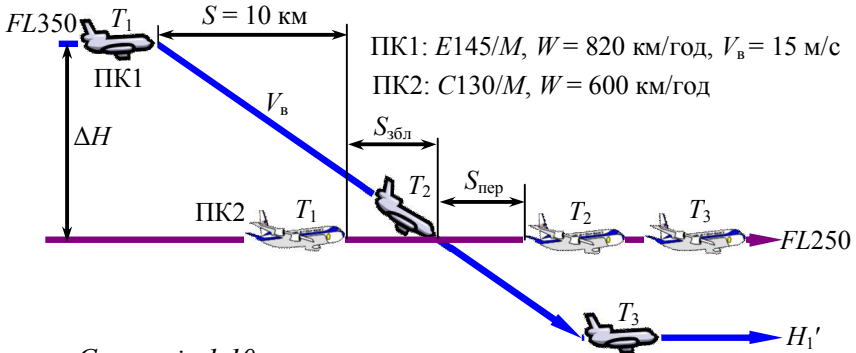
Ситуація 1.8

ПК1: LJ60/М, $W = 890$ км/год, $V_B = 20$ м/с

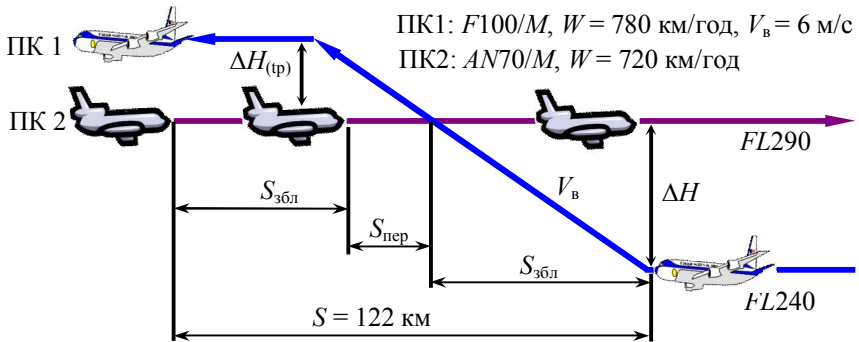
ПК2: Т134/М, $W = 810$ км/год



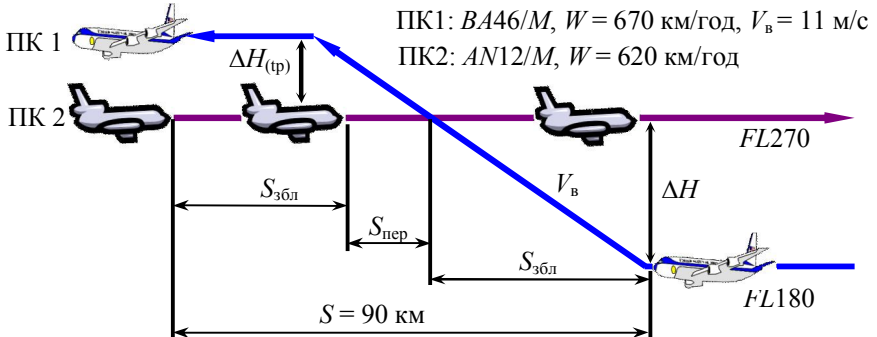
Ситуація 1.9



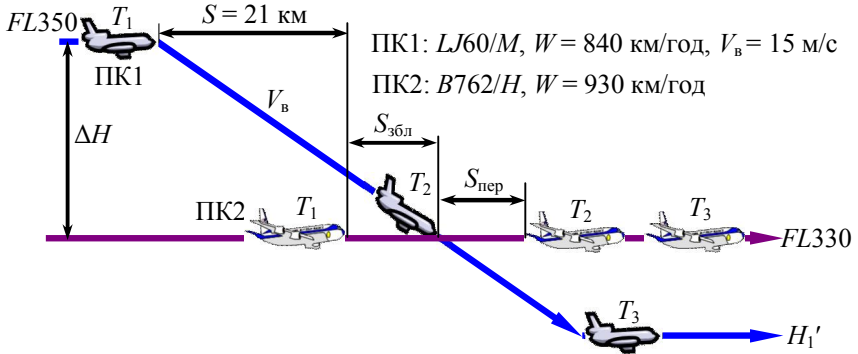
Ситуація 1.10



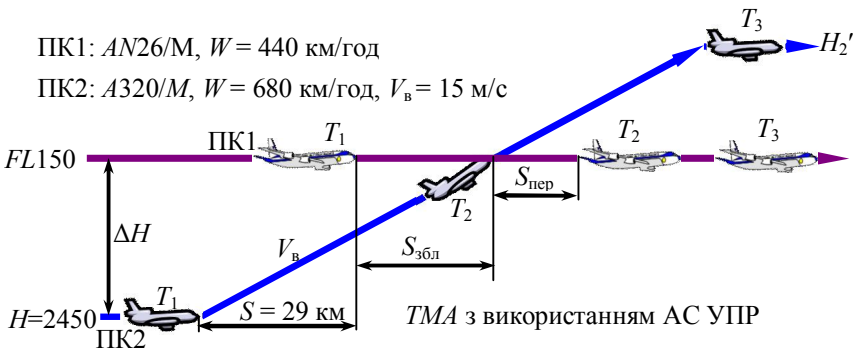
Ситуація 1.11



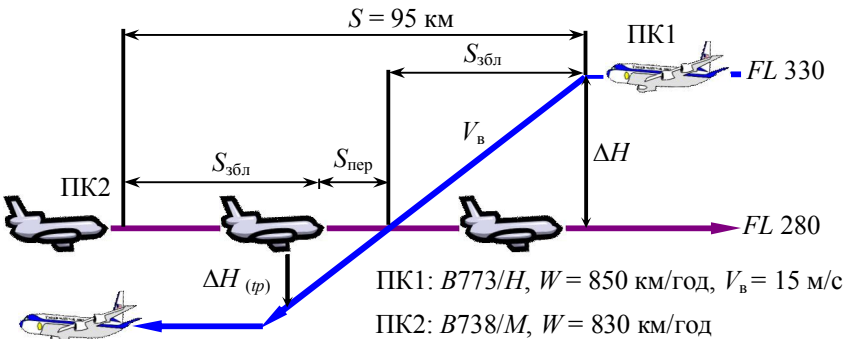
Ситуація 1.12



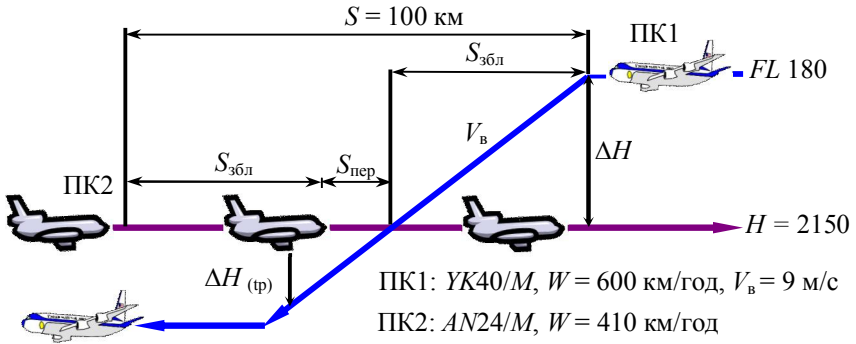
Ситуація 1.13



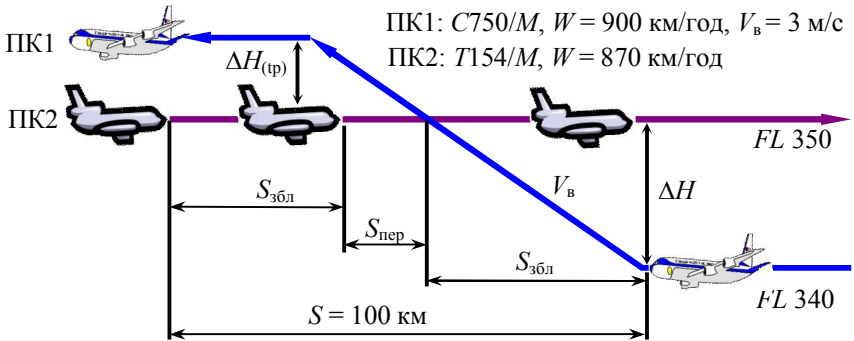
Ситуація 1.14



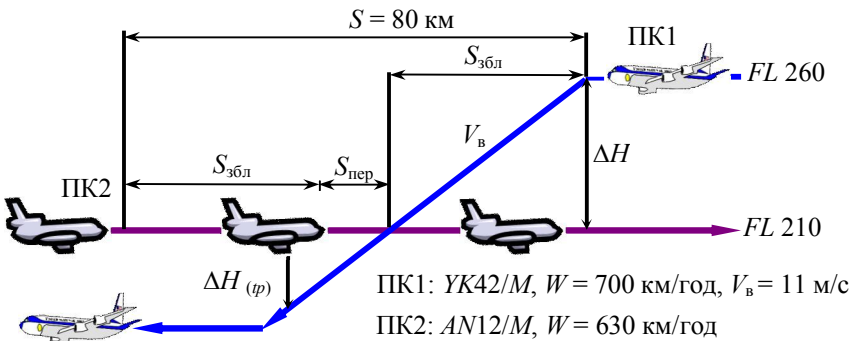
Ситуація 1.15



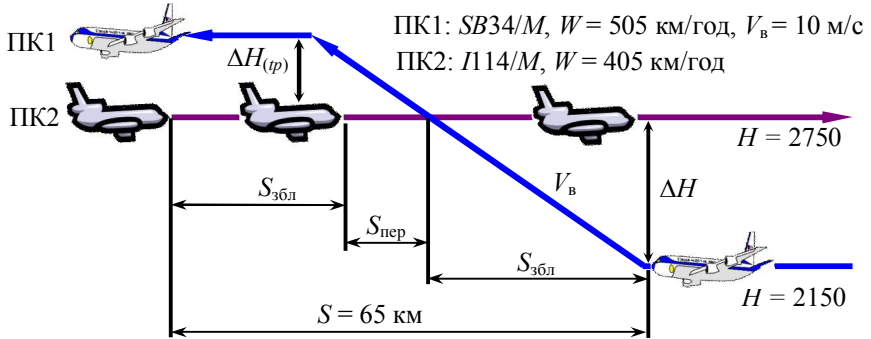
Ситуація 1.16



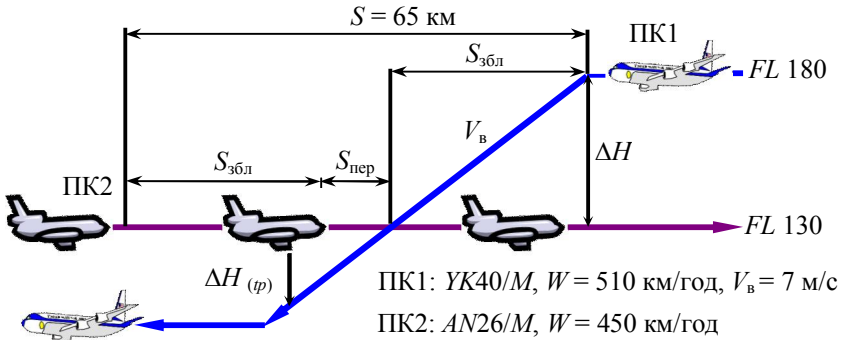
Ситуація 1.17



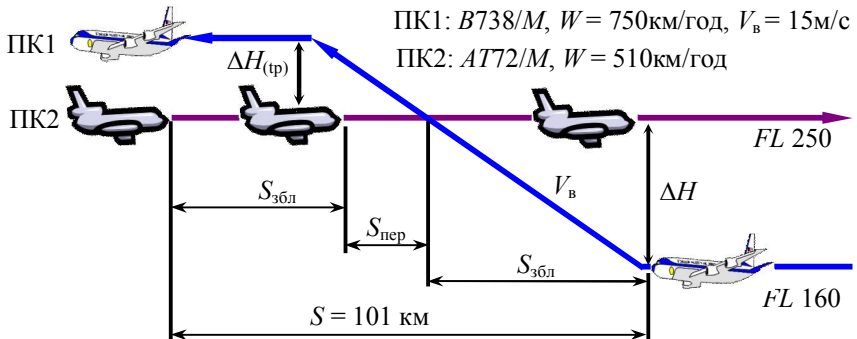
Ситуація 1.18



Ситуація 1.19



Ситуація 1.20

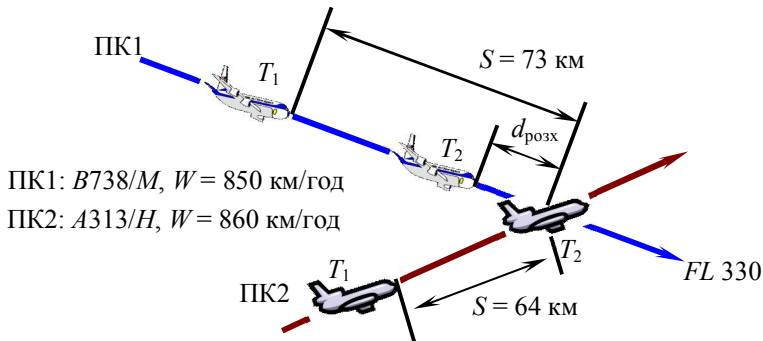


2. Перетинання треків

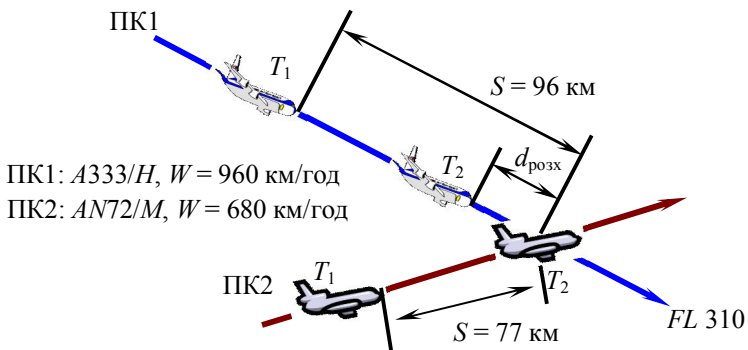
Визначте: фактичний часовий інтервал розходження ПК (Δt); лінійний інтервал розходження ПК ($d_{\text{розх}}$); необхідну зміну швидкості (швидкостей) ПК. Чи є ситуація потенційно конфліктною?

Опишіть метод вирішення ситуації. Наведіть приклад ведення радіотелефонного зв'язку.

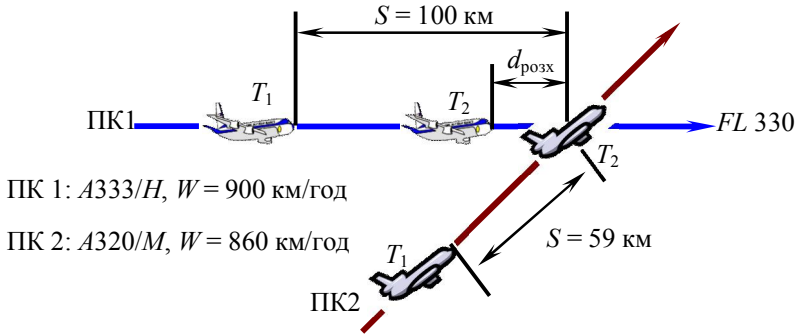
Ситуація 2.1



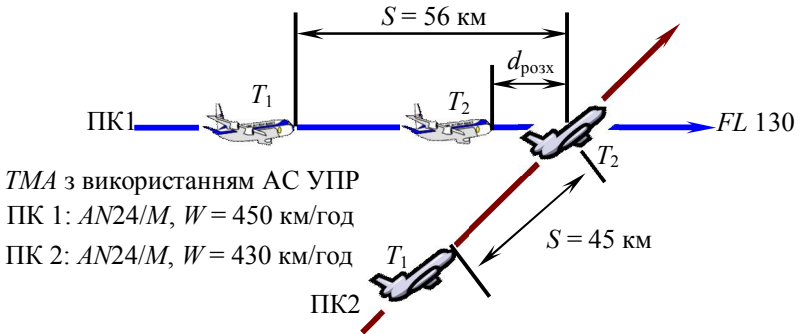
Ситуація 2.2



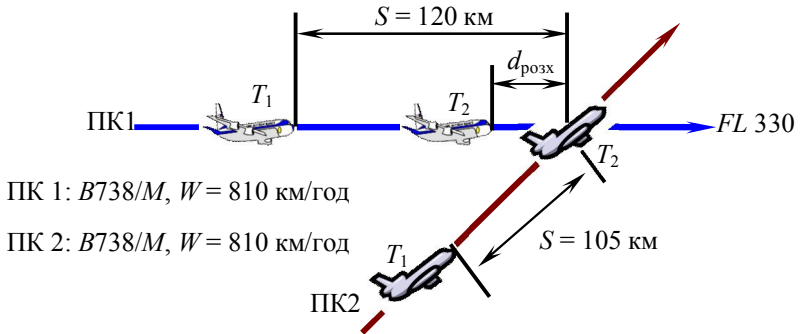
Ситуація 2.3



Ситуація 2.4



Ситуація 2.5



Навчальне видання

ХАРЧЕНКО Володимир Петрович

АРГУНОВ Геннадій Федорович

КОНФЛІКТНІ СИТУАЦІЇ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

Навчальний посібник

Редактор *Р. М. Шульженко*
Технічний редактор *А. І. Лавринович*
Коректор *О. О. Крусь*
Комп'ютерна верстка *Л. Т. Колодіної*

Підп. до друку . Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. друк. арк. 9,99. Обл.-вид. арк. 10,75.
Тираж 100 пр. Замовлення № .

Видавництво Національного авіаційного університету «НАУ-друк»
03680, Київ – 58, проспект Космонавта Комарова, 1

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05.07.2002