

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія аеронавігація**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Безпека авіації: *Безпека авіації*» обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**Авіаційний транспорт (Оператор безпілотних літальних апаратів)**

272 Авіаційний транспорт

**ТЕМА 5. ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ  
КЕРУВАННЯ РУХОМ ПК В УМОВАХ РИЗИКУ**

**Кременчук 2023**

### **ЗАТВЕРДЖЕНО**

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

### **СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

### **ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації, протокол від 28.08.2023 р.

### **Розробник:**

Викладач циклової комісії аеронавігації, спеціаліст вищої категорії Журід В.І.

### **Рецензенти:**

1. Професор циклової комісії аеронавігації, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, викладач-методист Тягній В.Г.
2. Професор циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

### **План лекції:**

1. Форми керування повітряним рухом.
2. Методи оцінювання безпеки повітряного руху в умовах ризику
3. Оцінювання ризику системи щодо встановленої граничної величини:
  - визначення системи.
  - установлення критеріїв оцінювання.
  - виявлення небезпек.
  - визначення розрахункової частоти виникнення небезпек і моделювання наслідків.
  - визначення розрахункового ризику і його оцінювання.
  - вжиття заходів щодо зниження ризику.

### **Навчальна та наукова література**

1. Бабак В.П. Безпека авіації. Київ «Техніка», 2004.
2. Постанова Верховної Ради. Повітряний кодекс України. Керівний . Київ, 2011.
3. Міністерство транспорту України. Правила польотів у класифікованому повітряному просторі України. Наказ № 293, 295. Київ. 16.03.03, 04.05.05.

### **Додаткова література**

1. Керівництво по розслідуванню АП та інцидентів  
в. Дос 9756-А №965. Монреаль, 2000.
2. Правила розслідування АП з цивільними ПС в Україні. Київ, Державіаслужба, 2005-2010.
3. Керівництво по запобіганню авіаційних пригод  
Дос 9433-А №923 Монреаль, ІКАО, 1987.

# ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ МОДЕЛІ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПК В УМОВАХ РИЗИКУ

## ФОРМИ КЕРУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО РУХУ

З метою забезпечення ешелонування службою обслуговування повітряного руху (ОПР) використовують дві форми керування: процедурну та радіолокаційну. Процедурним керуванням називають ешелонування, що ґрунтується тільки на отримуваній від повітряних кораблів (ПК) за допомогою двостороннього зв'язку «повітря – земля» інформації про місцеперебування. Передбачається, що бортові навігаційні комплекси, які базуються на використанні автоматичного залежного спостереження (*ADS – Automatic Dependent Surveillance*), будуть надавати органу ОПР додаткові дані, що забезпечать удосконалення процедурного керування. Упровадження *ADS* в умовах застосування процедурного керування повітряним рухом (КПР) уможливило частіше відновлення інформації про місцеперебування ПК, а також інформації про наміри ПК. В умовах, коли повідомлення про місцеперебування передаються безпосередньо з борту ПК органу ОПР і коли орган ОПР автоматично отримує оновлену інформацію про наміри екіпажу ПК, має існувати можливість значного скорочення мінімумів ешелонування.

Радіолокаційне керування ґрунтується на використанні відображуваної на екрані радіолокатора інформації про місцеперебування ПК. Горизонтальне ешелонування виконують підтриманням установленої дистанції в горизонтальній площині між відбитими сигналами (оцінками) на екрані радіолокатора в разі використання первинного оглядового радіолокатора (ПОРЛ), що надходять від різних ПК. За допомогою відбитих радіолокаційних сигналів можна ешелонувати ПК і по вертикалі, особливо в районах, де використовується вторинний оглядовий радіолокатор (ВОРЛ). Слід зазначити, що інформація про відносну висоту, отримана в режимі *S* ВОРЛ, являє собою різновид залежного спостереження, за якого відносна висота ПК визначається за даними систем вимірювання висоти конкретних ПК.

Мінімуми ешелонування, використовувані в разі застосування методів винятково процедурного керування та методів радіолокаційного керування, значно розрізняються. Застосовуючи мінімуми ешелонування в ході процедурного керування, слід зважати на те, що рішення диспетчера ОПР ґрунтуються на *миттєвому кадрі* ситуації, за допомогою якого диспетчер може переконатися, що всі ПК, які перебувають під контролем, належним чином ешелоновані між собою. Оцінювання пілотами ходу своїх польотів має вказувати на те, що встановлене ешелонування збережеться доти, доки диспетчер ОПР знову матиме змогу зробити огляд повітряної ситуації. Таким чином, мінімуми ешелонування, застосовувані в цьому випадку, мають забезпечувати, щоб навіть у разі найгіршого збігу обставин (тобто в проміжку між послідовними *миттєвими кадрами*) потрібні мінімуми зберігалися або могли бути відновлені в разі їх порушення. Треба, однак, усвідомити, що застосування методу процедурного керування не звільняє диспетчерів від обов'язку постійно контролювати повітряну ситуацію.

За радіолокаційного керування служба ОНР забезпечується часто оновлюваною інформацією про місцеперебування ПК у режимі реального часу, що дозволяє застосовувати, якщо треба, значно менші мінімуми ешелонування. Однак, застосовуючи відповідним чином мінімуми, потрібно брати до уваги ще й той факт, що радіолокатор надає мало інформації про майбутній рух ПК.

В умовах радіолокаційного керування, коли між сусідніми маршрутами утримується відповідний бічний інтервал, такі маршрути можуть обслуговуватися диспетчером як окремі об'єкти. У цьому разі, коли ПК одержав дозвіл і зайняв той або інший маршрут ОНР:

- пілот відповідає за витримання осьової лінії;
- ПК, що займають сусідні маршрути, розділені відповідним інтервалом між маршрутами;
- роль диспетчера полягає здебільшого в контролі за рухом ПК, що одержали дозвіл.

В умовах радіолокаційного керування, коли між маршрутами не забезпечується відповідний бічний інтервал, ПК можуть бути ешелоновані диспетчером відносно ПК, що прямують по сусідніх маршрутах, на основі застосування мінімального радіолокаційного ешелонування, встановленого повноважним органом ОНР. У таких випадках застосування автоматичних засобів сигналізації, таких, як сповіщення про відхилення та короткострокове попередження про конфліктну ситуацію (*STCA – Short Term Conflict Alert*), може до-зволити диспетчеру керувати рухом на маршрутах з певною часткою самостійності. Тим самим основним завданням диспетчера може стати контроль за рухом ПК, що одержали дозвіл, за кожним маршрутом, що дозволяє у разі потреби вдаватися до більш активного керування, як у випадку руху з набором висоти та зниженням. Таким чином, час, необхідний для виявлення й усунення відхилення та/або потенційно конфліктних ситуацій (ПКС), буде залежати від ряду факторів, зокрема таких:

- робочого навантаження диспетчера;
- наявності автоматичних засобів сигналізації, наприклад сповіщення про відхилення і *STCA*;
- часу реагування пілота/диспетчера до початку коригувальних дій і їх виконання;
- затримання під час зв'язку між пілотом і диспетчером;
- роздільної здатності та точності системи;
- часу реагування ПК під час маневрування (залежить від швидкості та відносної висоти ПК).

Упровадження *ADS* в умовах застосування процедурного ОНР забезпечує можливість більш частого відновлення інформації про місцеперебування, а також отримання інформації про наміри ПК. В умовах застосування *ADS*, коли повідомлення про місцеперебування передаються безпосередньо з борту ПК органу ОНР і коли орган ОНР автоматично отримує оновлену інформацію про наміри ПК, має існувати можливість значно скорочувати мінімуми ешелонування. Розміри скорочення мінімумів ешелонування необхідно визначати або на основі моделювання ризику зіткнення, або за допомогою інших методів.

Визначаючи мінімуми вертикального ешелонування або заснованого на часі та відстані поздовжнього ешелонування, варто враховувати якість наявної в службі ОПР і пілота інформації. Час, потрібний для прийняття рішення, координації й радіопередач, може впливати на застосовувані мінімуми поздовжнього ешелонування, особливо якщо немає прямого зв'язку між пілотом і диспетчером. Визначення бічного ешелонування в умовах процедурного керування має ґрунтуватися переважно на точності, з якою пілоти можуть витримувати задану лінію шляху. Якщо є можливість втрутитися органу ОПР, варто оцінити, як це вплине на мінімуми бічного ешелонування.

Визначення відповідних пропонованих мінімумів ешелонування – складний процес. Якщо відповідальний повноважний орган установив мінімуми ешелонування, на службу ОПР покладається обов'язок забезпечувати їх дотримання. Крім того, для оцінювання безпеки й ефективності використання повітряного простору важливе значення мають не тільки мінімуми, але й те, наскільки часто застосовуються на практиці інтервали ешелонування, близькі до мінімумів.

В останні роки для вдосконалення мінімумів ешелонування ПК дедалі ширше застосовують методи математико-статистичного опрацювання даних польоту ПК. Такий підхід використовують для розроблення моделей, з яких можна було б отримати обґрунтовану інформацію про ймовірну безпеку пропонованих заходів. Така робота, будучи вкрай корисною як додатковий засіб досягнення достовірних результатів, проте не може замінити кваліфікованої оцінки з експлуатаційного погляду. Тому варто обережно використовувати результати математичного моделювання. Слід прагнути до того, щоб у кожному випадку збір даних і їх опрацювання забезпечували корисні та змістовні результати, а не тільки підтверджували очевидне.

Із самого початку існування Міжнародної організації цивільної авіації (*ICAO – International Civil Aviation Organisation*) для сприяння глобальній гармонізації було досягнуто домовленість про те, що мінімуми ешелонування варто встановлювати на міжнародній основі та що такі мінімуми підлягають змінам тільки через міжнародну угоду. Мінімуми, встановлені *ICAO*, публікуються в правилах аеронавігаційного обслуговування (*PANS – Procedures for Air Navigation Services*), а мінімуми, встановлені в межах регіональних угод, – у *Doc 7030 «Додаткові регіональні правила» (SUPPS – Regional Supplementary Procedures)*. Цей матеріал служить першоджерелом довідкового матеріалу, на підставі якого фахівці з планування повітряного простору можуть безпосередньо визначати відповідні мінімуми.

## МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПОВІТРЯНОГО РУХУ В УМОВАХ РИЗИКУ

Використовуючи метод еталонної системи, розрахункові характеристики пропонованої системи порівнюють з характеристиками системи, що вже вважається прийнятно безпечною. Якщо характеристики пропонованої системи перевершують характеристики еталонної системи щодо всіх аспектів, які

стосуються безпеки, або щонайменше не поступаються їм, то пропоновану систему також можна вважати прийнятно безпечною. Якщо характеристики пропонованої системи кращі за деякими факторами, а за іншими – гірші, то можна одні з них замінити інших, щоб оцінити, чи буде пропонована система безпечною. У разі використання цього підходу потрібна певна обережність.

Перший крок полягає у виборі еталонної системи для порівняння. Еталонна система має бути безпечною.

Яку б еталонну систему не було обрано, будь-яке порівняння щодо безпеки буде достовірним тільки в тому разі, якщо вона достатньою мірою схожа на пропоновану систему. Варто звернути увагу на рівень ОНР в еталонному й пропонованому повітряному просторі відповідно до класифікації повітряного простору ІКАО. Рівень ОНР у пропонованій системі має щонайменше бути таким же, що і в еталонній системі.

Мінімальні вимоги, які дозволяють вважати еталонну систему достатньо подібною до пропонованої системи:

- у пропонованій системі мінімуми ешелонування мають бути не меншими, ніж в еталонній системі;
- пропоновані засоби зв'язку й спостереження щодо точності, надійності, цілісності й готовності мають бути не гіршими, ніж в еталонній системі;
- частота й тривалість застосування мінімального інтервалу ешелонування ПК у пропонованій системі мають бути не більшими, ніж в еталонній системі;
- навігаційні характеристики (типові й нетипові) ПК, що беруть участь у повітряному русі, щодо впливу на ризик зіткнення у будь-якому вимірі в пропонованій системі мають бути не гіршими, ніж в еталонній системі.

Труднощі полягають у тому, щоб переконатися, що безпеку еталонної системи встановлено належним чином і враховано всі характерні параметри еталонної системи. Наприклад, необхідно довести, що еталонна система була безпечною протягом тривалого часу, яка виражається кількістю годин польоту в системі. Однак у деяких випадках, наприклад, якщо мова йде про системи з низькою щільністю повітряного руху, строк експлуатації, потрібний для нагромадження досить великої кількості льотних годин, що підтверджує безпеку системи, може виявитися майже недосяжним.

## ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ СИСТЕМИ ЩОДО ВСТАНОВЛЕНОЇ ГРАНИЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ

Другий метод визначення безпеки пропонованої системи полягає в оцінюванні ризику зіткнення в цій системі та наступному порівнянні його із заздалегідь установленим граничнодопустимим ризиком зіткнення. Якщо розрахунковий ризик нижчий від граничнодопустимого ризику й передбачається, що він збережеться протягом усього передбаченого терміну експлуатації нової системи, то пропонована система може вважатися прийнятно безпечною.

Загальні принципи такого підходу показано у вигляді блок-схеми (рис. 1.1).  
Весь процес складається з таких етапів:

1. **Визначення системи.** На цьому етапі визначають масштаби дослідження, повітряний простір, проблеми, які необхідно вирішити, і характер пропонованих змін.

2. **Установлення критеріїв оцінювання.** Цей етап пов'язаний вибором критеріїв безпеки, на підставі яких будуть оцінюватися пропоновані зміни. У випадку мінімумів ешелонування для цього потрібно визначити максимальний прийнятний ризик зіткнення.

3. **Виявлення небезпек.** Виявлення всіх можливих небезпек, тобто будь-яких подій або поєднання подій, які можуть призвести до зіткнення, припускає докладне вивчення функціонування цільової системи, що передбачено на етапі 1.

4. **Визначення розрахункової частоти виникнення небезпек і моделювання наслідків.** Необхідно розрахувати ймовірність виникнення кожної небезпеки. Варто використати конкретні дані про авіацію; однак, якщо таких даних немає, можна використати характерні дані досліджень із питань безпеки в інших галузях. Інформація, отримана на етапі 1, буде відігравати важливу роль.

Одночасно з визначенням розрахункової частоти виникнення небезпек потрібно вивчити наслідки кожної з виявлених небезпек.

5. **Визначення розрахункового ризику і його оцінювання.**

На основі об'єднання результатів визначення розрахункового ризику й моделювання наслідків установлюється загальний розрахунковий ризик. Розрахунковий ризик порівнюється із критеріями оцінки (етап 2).

6. **Вжиття заходів щодо зниження ризику.** Якщо розрахунковий ризик не відповідає наперед установленим критеріям, потрібно вивчити питання про те, яким чином можна зменшити ризик.