

УДК 629.7.07

М.М. Богуненко, А.О. Іонік

Національний авіаційний університет, Київ

## ВПЛИВ НОВИХ НОРМАТИВІВ ЕШЕЛОНУВАННЯ НА ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

*Розглянуто значення пропускної спроможності для забезпечення зростаючих потреб цивільної авіації, проаналізовано розвиток вимог до застосування мінімумів ешелонування, проведено дослідження факторів, які впливають на пропускну спроможність злітно-посадкової смуги, проаналізовано принципи основних етапів впровадження програми RECAT-EU, проведено порівняння пропускної спроможності ЗПС при застосуванні стандартних мінімумів та при застосуванні нових нормативів при заході на посадку.*

**Ключові слова:** цивільна авіація, турбулентність, перевантаження повітряного простору, ешелонування, RECAT-EU, пропускну спроможність, час зайнятості ЗПС.

### Вступ

**Постановка задачі.** Цивільна авіація розвивається небаченими темпами. Вона стала одним з найпопулярніших видів пасажирського транспорту. Сучасний світ стає динамічнішим, тому необхідно задовольняти потреби людей в швидкому перевезенні.

Розвиток цивільної авіації на стільки почав зростати, що постала проблема перенавантаження повітряного простору, а саме термінальних зон та аеродромів. Багато літаків знаходяться значний час у зоні очікування. Для підвищення пропускної спроможності та підтримання рівня безпеки постійно переглядаються та модернізуються установлені правила, норми та стандарти, утворюються нові програми. Однією з таких програм є RECAT-EU (European Wake Vortex Re-categorization), створена на основі співпраці Eurocontrol та FAA (Federal aviation administration). Основою цієї програми є зменшення мінімумів ешелонування при турбулентності у сліді, поділивши повітряні судна на шість категорій, замість трьох. Використання зменшених інтервалів значною мірою впливає на пропускну спроможність злітно-посадкової смуги (ЗПС).

Актуальним є розрахунок пропускної спроможності аеродрому. Саме ця ділянка найбільш обмежена у використанні різних видів маневрування. При обслуговуванні у зоні аеродрому не використовується вертикальне та бокове ешелонування, та вводяться обмеження у зміні швидкості. Операції пов'язані із ЗПС являються складними, як для пілота так і диспетчера. ЗПС – найбільш чутливе місце у системі управління повітряним рухом. Саме тому для цієї ділянки повинні удосконалюватися процедури, для зменшення часу проведеного літаками у зоні очікування та для підтримання встановленого рівня безпеки. Основні задачі роботи:

- дослідження факторів, які впливають на пропускну спроможність злітно-посадкової смуги (ЗПС);

- дослідження турбулентності в сліді та застосування мінімумів ешелонування;
- аналіз основних принципів RECAT-EU;
- розрахунок пропускної спроможності ЗПС із застосуванням стандартних мінімумів ешелонування;
- розрахунок пропускної спроможності ЗПС із застосуванням нових нормативів ешелонування при заході на посадку.

**Аналіз вимог та рекомендацій провідних документів.** Одним з основних показників роботи системи УПР в районі аеродрому є її пропускну спроможність. Вона залежить від ряду факторів, до числа яких належить і пропускну спроможність ЗПС аеродрому. Згідно термінології ICAO (International Civil Aviation Organization) "пропускну спроможність ЗПС" визначається як максимальна кількість злетів і посадок на годину.

Оскільки пропускну спроможність ЗПС на протязі доби змінюється, то потрібне проведення ряду розрахунків. Для розрахунку пропускної спроможності ЗПС потрібно уважно вивчити фактичний розклад руху на даному аеродромі. Також необхідно враховувати, що у пікові періоди розклад руху буде більш завантажений. Пропускну спроможність при чергуванні злетів та посадок залежить від класу аеродрому: 1 клас - 29-36; 2,3 класи - 22-29; 4-5 класів 9-16 злітно-посадкових операцій за годину [1].

Необхідність розрахунку пропускної спроможності ЗПС полягає у тому, що для подальшої експлуатації аеродрому треба знати існуючу та максимальну пропускну спроможність. Це дасть можливість використовувати аеродром по максимуму та не перевантажувати його, а отже і персонал.

При розрахунках пропускної спроможності потрібно враховувати турбулентність у сліді. Турбулентність в сліді - це повітряний потік у вигляді вихрив, що зриваються з кінцівок крила літака, що летить. Кожен вихор утворюється через перетікання

повітря з області підвищеного тиску (під крилом) в область зниженого тиску (над крилом)[2]. Знаходження в супутньому сліді іншого літака створює знакозмінні перевантаження через високу турбулентність та може вивести літак в режим звалювання.

Авіадиспетчери враховують цей ефект при організації злетів і посадок, витримуючи інтервали, достатні для розсіювання або знесення вітром супутніх струменів із зони глісади. Важкі ПС (повітряне судно) створюють великі вихори, що впливає на безпеку польоту літаків позаду. Більш легкі ПС створюють вихори меншої інтенсивності та тривалості, тому при ешелонуванні будь-яких літаків після них, необхідно витримувати менші інтервали часу (відстані) [2]. На теперішній час визначають основні три категорії ПС, що класифікуються за максимальною злітною масою:

- важке - 136 000кг або вище;
- середнє - між 7 000 та 136 000 кг;
- легке - менше 7 000 кг.

Для ешелонування літаків пов'язаного з турбулентністю у сліді використовують радіолокаційні та не радіолокаційні мінімуми. У даній роботі було використано не радіолокаційні мінімуми ешелонування, що пов'язані з турбулентністю у сліді (1 хв, 2хв, 3хв) [3]. Діяльність по оцінці турбулентності в сліді для конкретних ПС, виконана окремо Євроконтролем, ФАУ (Федеральне авіаційне управління), може використовуватися й ефективно доповнюватися більш широкою оцінкою мінімумів ешелонування при турбулентності в сліді для всіх літаків. Проект RECAT був розбитий на кілька етапів:

а) етап 1 (RECAT-1): оптимізація прийнятої ІКАО класифікації ешелонування при турбулентності в сліді до шести категорій;

б) етап 2 (RECAT-2): заміна класів ешелонування режимом статичної "Пари", при якому кожній парі ПС призначається свій відповідний мінімум ешелонування при турбулентності в сліді. Мінімуми запропоновані програмою RECAT-2 наведені у табл. 1;

Таблиця 1  
Мінімуми ешелонування за RECAT-2

	CAT A	CAT B	CAT C	CAT D	CAT E	CAT F
CAT A		100 s	120 s	140 s	160 s	180 s
CAT B				100 s	120 s	140 s
CAT C				80 s	100 s	120 s
CAT D						120 s
CAT E						100 s
CAT F						80 s

в) етап 3 (RECAT-3): динамічне парне ешелонування, коли при визначенні необхідного мінімуму при турбулентності в сліді також враховуються ре-

альні умови, наприклад маса ПС і атмосферні / метеорологічні умови[4].

### Розрахунки пропускної спроможності зі стандартними мінімумами ешелонування

Аеропорт «Бориспіль» - міжнародний аеропорт України. Серед українських аеродромів він має найбільшу інтенсивність руху та більшу різноманітність типів літаків. Було проведено дослідження, як зміниться пропускна спроможність аеродрому «Бориспіль» із застосуванням мінімумів ешелонування, які пропонує програма RECAT-2.

Для розрахунку пропускної спроможності ЗПС 36 П (що має довжину 4000м) в аеропорту «Бориспіль» необхідно визначити середній час зайнятості ЗПС літаками. Це можна зробити методом розрахунків, маючи довжину ЗПС та швидкість ПС при зльоті. Визначивши середнє значення, внести його до загальних розрахунків. Розрахувати фактичний час зайнятості ЗПС 36 П кожним ПС виконується як

$$t = \frac{L}{V},$$

де t – час зайнятості ЗПС у секундах, L – довжина ЗПС, V – швидкість літака.

Розрахуємо час зайнятості ЗПС для кожного типу літака:

B737-900:  $t = \frac{4000}{76,38} = 52c;$

B737-800:  $t = \frac{4000}{74,4} = 54c;$

B757-300:  $t = \frac{4000}{72,22} = 55c;$

B777-300:  $t = \frac{4000}{72,22} = 55c;$

A319:  $t = \frac{4000}{69,44} = 58c;$

A320:  $t = \frac{4000}{74,4} = 54c;$

A321:  $t = \frac{4000}{74,4} = 54c;$

Fokker 70:  $t = \frac{4000}{61,11} = 64c;$

Cessna 525:  $t = \frac{4000}{61,11} = 64c;$

Embraer 190:  $t = \frac{4000}{69,44} = 58c.$

Визначивши фактичний час зайнятості кожним літаком ЗПС 36П, можемо розрахувати середнє значення. Для цього потрібно додати всі часові інтервали та поділити на кількість ПС:

$$t_{avr} = \sum \frac{t}{N},$$

де  $t_{avr}$  – фактичний час зайнятості ЗПС;  $N$  – кількість літаків.

Отже, середній час зайнятості ЗПС 36 П при злеті становить 57 секунд.

Далі необхідно розрахувати пропускну спроможність ЗПС при різних інтервалах ешелонування. Нагадаємо, що при злеті с однієї ЗПС використовують такі мінімуми:

- 1) легкі, що прямують за середніми та важкими - 3 хв;
- 2) важкі та середні, що прямують за важкими - 2 хв;
- 3) в інших випадках - 1 хв.

Також до середнього часу потрібно додати час на дозвіл диспетчера на зліт. Цей час становить 8 секунд. Отже середній час, за який літак виконує зліт становить  $t_{avr} = 65$  секунда (1хв. 05 секунд).

Розрахуємо пропускну спроможність:

$$\mu = \frac{3600}{t_{avr} + t_i},$$

де  $\mu$  - пропускну спроможність ЗПС;  $t_i$  - мінімальний часовий інтервал ешелонування.

$$\text{Отримаємо: } \mu = \frac{3600}{65 + 60} = 29 \text{ ПС/год.};$$

$$\mu = \frac{3600}{65 + 120} = 19 \text{ ПС/год.}; \mu = \frac{3600}{65 + 180} = 14 \text{ ПС/год.}$$

Маючи всі розрахунки, можемо визначити середню пропускну спроможність на ЗПС 36 П. Вона становить 20 ПС/год.

### Розрахунки пропускну спроможності ЗПС використовуючи RECАТ-EU

Далі розрахуємо пропускну спроможність ЗПС з використанням RECАТ. Серед обраних типів ПС, є такі категорії: CAT B, CAT C, CAT D, CAT E, CAT F. Цим категоріям притаманні відповідні мінімуми ешелонування: 60 с., 60 с., 100 с., 120 с., 140 с. Проведемо розрахунки пропускну спроможності ЗПС

таким самим чином, як зі стандартними інтервалами, замінюючи ці інтервали відповідно до категорії.

$$\mu = \frac{3600}{65 + 60} = 29 \text{ ПС/год.}; \mu = \frac{3600}{65 + 100} = 22 \text{ ПС/год.};$$

$$\mu = \frac{3600}{65 + 120} = 19 \text{ ПС/год.}; \mu = \frac{3600}{65 + 140} = 18 \text{ ПС/год.}$$

Маючи всі розрахунки, можемо визначити середню пропускну спроможність на ЗПС 36 П використовуючи мінімуми прописані у RECАТ. Вона становить 23 ПС/год. З розрахунків ми можемо побачити, що пропускну спроможність ЗПС при злеті з використання технік RECАТ становить на 3 ПС/год більше ніж за стандартними мінімумами.

### Висновки

Прийняття ешелонування згідно програми RECАТ дозволить збільшити пропускну спроможність при збереженні заданого рівня безпеки.

На прикладі аналізу пропускну спроможності ЗПС 36П аеродрому "Бориспіль", застосування динамічного ешелонування дозволить збільшити розрахункову пропускну спроможність на 3 ПС/год, що становить 15%.

### Список літератури

1. Doc 9774 ICAO - "Руководство по сертификации аэродромов" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aerohelp.ru/data/432/Doc9774.pdf>.
2. Portal: Operational Issues [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.skybrary.aero](http://www.skybrary.aero).
3. Документ 4444 ICAO – Правила аеронавігаційного обслуговування "Організація повітряного руху", вид. 14 чотирнадцяте [Електронний ресурс]. – 2001. – Режим доступу: <http://avia.gov.ua/documents/diyalnist>
4. EUROCONTROL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.eurocontrol.int](http://www.eurocontrol.int).

Надійшла до редколегії 1.04.2016

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. Ю.І. Миргород, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ВЛИЯНИЕ НОВЫХ НОРМАТИВОВ ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Н.Н. Богуненко, А.А. Ионик

*Рассмотрено значение пропускной способности для обеспечения увеличивающихся нужд гражданской авиации, проанализировано развитие тренований к применению минимумов эшелонирования, проведено исследование факторов, которые влияют на пропускную способность взлётно-посадочной полосы, проанализировано принципы основных этапов внедрения программы RECАТ-EU, проведено сравнение пропускной способности полосы с применением стандартных минимумов эшелонирования и с применением новых нормативов при заходе на посадку*

**Ключевые слова:** гражданская авиация, турбулентность, перегрузка воздушного пространства, эшелонирование, RECАТ-EU, пропускная способность, время занятости взлётно-посадочной полосы.

### INFLUENCE OF A NEW STANDARDS OF SEPARATION MINIMA ON CAPACITY INCREASING

M.M. Bogunenko, A.O. Ionik

*Annotation: investigation of capacity for ensuring of increasing demand of civil aviation, analyzed the development of separation minima' requirements, investigation of factors which influence on runway capacity, analyzed the main principles of implementation RECАТ-EU, compared values of runway capacity with application of standard separation minima and with application of a new requirements for landing.*

**Keywords:** civil aviation, turbulence, overload of airspace, separation, RECАТ-EU, capacity, holding time of runway.