

УДК 629.7.05

О. В. Наумов, канд. техн. наук

## АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРНИХ ШВИДКОСТЕЙ ЗЛЬОТУ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛІТАКА

АНТК ім. О.К. Антонова, відділ перспективного проектування

*Упровадження глобальної світової системи зв'язку, навігації, спостереження/ організації повітряного руху CNS/ATM є одним з директивних перспективних положень ICAO. У цій системі елементами плану польоту є стандартні схеми вильоту SID і прибуття STAR, схеми заходу на посадку APPROACH, відходу на друге коло GO AROUND, політ у зоні очікування HOLD та інші елементи. При цьому керування літаком має здійснюватися як у бічному, так і в поздовжньому каналі, а також і за тягою двигунів.*

*Introduction of a global world communication system, navigation, surveillance / air traffic management CNS/ATM is one of directive perspective positions ICAO. In the given system elements of the flight plan are standard schemes of departure SID and arrivals STAR, approach charts "APPROACH", go-around "GO AROUND", flight in holding area "HOLD" and other elements. Thus control of airplane should implement both in lateral, and in the longitudinal channel, together with on thrust of engines.*

Наявність на борту зменшеної кількості екіпажу, де один льотчик пілотує, а другий контролює, потребує високого ступеня автоматизації режимів польоту і їх наочного зображення в кабіні. На етапі зльоту льотчик зобов'язаний витримувати характерні швидкості зльоту. Такими швидкостями є:

1) швидкість прийняття рішення  $V_1$  – найбільша швидкість розгону літака, за якої у разі відмови двигуна можливе як безпечне припинення, так і безпечне продовження зльоту;

2) швидкість підймання передньої стійки  $V_R$  – швидкість початку збільшення кута тангажа на розгоні для виведення літака на злітний кут атаки;

3) безпечна швидкість зльоту  $V_2$  – швидкість, що досягається на першій ділянці зльоту, за якою забезпечується безпечне отримання нормованих градієнтів набору висоти на другій і третій ділянках зльоту;

4) швидкість початку прибирання закрилків  $V_3$  – досягається на висотах 100 – 200 м;

5) швидкість початку набору висоти  $V_4$  – досягається до висоти 450 м при положенні закрилків  $\delta_3 = 0$ .

На зарубіжних літаках типу B-777 і A-320 льотчик використовує номограми та визначає характерні швидкості зльоту і вводить їх за допомогою пульта керування навігаційного обчислювача для подальшого відображення на індикаторах [2; 3]. Таку підготовчу роботу можуть виконувати і наземні служби авіакомпаній. Аналогічно завдання вирішують у парку літаків країн СНД.

Оснащення літака навігаційним обчислювачем FMS з достатньою ємністю пам'яті та швидкодією або електронним планшетом EFB може вирішити завдання автоматизації розрахунку характерних швидкостей зльоту.

Перед запуском двигунів льотчик вводить в навігаційний обчислювач FMS вагові дані і підтверджує розраховані FMS значення характерних швидкостей зльоту. Варіант виконання кадру TAKEOFF REF пульта навігаційного обчислювача показано на рисунку.

Злітна маса TOW, поточна повна маса літака GWT і максимально допустима за певних умов злітна маса MTOW виражають в тоннах.

Злітну масу визначають розрахунковим способом:

$$TOW = ZFW + FUEL - TAXI FUEL,$$

де ZFW – маса літака без палива; FUEL – кількість заправленого палива; TAXI FUEL – витрата палива на запуск двигуна, його прогрівання і рулювання.

Поточну повну масу літака GWT розраховують за формулою

$$GWT = ZFW + G_{\text{пал}},$$

де  $G_{\text{пал}}$  – найбільша з величин  $G_{\text{пал1}}$  і  $G_{\text{пал2}}$ ;

$$G_{\text{пал1}} = G_{\text{пал.пот}};$$

$$G_{\text{пал2}} = FUEL - Q_{\text{сум}},$$

де  $G_{\text{пал.пот}}$  – інформація про кількість палива, що надходить від паливоміра; FUEL – кількість заправленого палива;  $Q_{\text{сум}}$  – сумарна витрата палива, отримана інтегруванням сигналів від витратоміра.

Максимально допустиму злітну масу за поточних умов MTOW розраховують, виходячи з вимог одночасного забезпечення:

- 1) нормованих повних градієнтів набору висоти;
- 2) дистанції зльоту, що є у розпорядженні;
- 3) довжини розгону, що є у розпорядженні;
- 4) дистанції перерваного зльоту, що є у розпорядженні.

Початковими даними для розрахунку максимально допустимої злітної маси *MTOW* є: висота аеродрому; температура зовнішнього повітря; параметри вітру; ухил злітно-посадкової смуги (ЗПС); тип ЗПС; коефіцієнт зчеплення або щільність ґрунту; відстань до перешкоди і висота перешкоди по курсу зльоту.

1	MUKK	TAKEOFF	REF					7			
2	A/I							8			
3	ON						175 KMH	9			
4	COND						VR				
5	T/O FLAPS						258 KMH	10			
6	TOW/MTOW/GWT						296 KMH	11			
	36.0/36.0/36.0						V3				
	RW23L						296 KMH	12			
	1710M						V4				
							463 KMH				
							SEND				
							ON/OFF >				

Кадр *TAKEOFF REF* злітних характеристик

На кадрі пульта *FMS* (див. рисунок) подано таку інформація:

- 1 – чотирибуквенний ідентифікатор уведеного в план польоту аеродрому вильоту;
- 2 – сигналізація ввімкнення системи протиобледеніння *A/I*;
- 3 – сигналізація ввімкнення системи кондиціонування повітря *COND*;
- 4 – злітне положення крил *T/O FLAPS*;
- 5 – злітна маса *TOW*, поточна повна маса літака *GWT* і максимально допустима злітна маса за визначених умов зльоту *MTOW*;
- 6 – довжина вибраної ЗПС (наприклад, *RW23L*);
- 7 – швидкість прийняття рішення  $V_1$ ;
- 8 – швидкість підймання переднього стояка  $V_R$ ;
- 9 – безпечна швидкість зльоту  $V_2$ ;
- 10 – швидкість початку прибирання крил  $V_3$ ;
- 11 – швидкість початку набору висоти  $V_4$ ;
- 12 – ознака ввімкнення/вимкнення передачі злітних швидкостей в систему електронної індикації *SEND*.

На правому боці пульта відображаються значення швидкостей  $V_1$ ,  $V_R$ ,  $V_2$ ,  $V_3$ ,  $V_4$ , розраховані *FMS*. Керування передаванням швидкостей зльоту в систему електронної індикації виконується натисненням відповідної кнопки *SEND*. На виконавчому старті льотчик вмикає автоматичні режими системи автоматичного керування. Умикає автомат тяги і режими вертикальної та горизонтальної навігації (*ВНАВ* і *ГНАВ*) у фазу підготовки. При цьому на комплексному пілотажному індикаторі (*КПІ*) з'являється напис *VERT HAV* і *GOR HAV* блакитного кольору. Встановлює значення заданого курсу, яке дорівнює значенню курсу ЗПС, та задану висоту. На розгоні на індикаторі *КПІ* здійснюється індикація швидкості прийняття рішення  $V_1$ , швидкості підймання передньої стійки  $V_R$ , безпечної швидкості зльоту  $V_2$ . Розгін літака у разі ввімкненого режиму вертикальної навігації починається на заданій висоті розгону. На індикаторі *КПІ* здійснюється індикація швидкості початку прибирання крил  $V_3$  і початку набору висоти  $V_4$ .

Необхідно відзначити, що автоматизація режимів зльоту особливо актуальна для виконання процедури зменшення шуму, обумовленої документом *ICAO DOC8168* [5].

#### Вимоги до програмного забезпечення

Реалізація функцій розрахунку характерних швидкостей зльоту в *FMS* потребує дотримання правил сертифікації програмного забезпечення. Відповідно до кваліфікаційних вимог *КТ 178А* необхідно встановити категорії критичності функцій [4]. Відповідно до цього нормативного документа встановлено такі категорії критичності функцій:

- критичну, якщо порушення виконання функції внаслідок виникнення відмов або прояву помилок програмного забезпечення може призвести до неможливості безпечного продовження польоту і виконання посадки повітряного корабля (*ПК*);

- істотну, якщо порушення виконання функції внаслідок виникнення відмов або виявлення помилок програмного забезпечення може понизити можливість *ПКІ* зменшити здатність екіпажу справитися з несприятливими умовами польоту;

- неістотну, якщо порушення виконання функції внаслідок виникнення відмов або виявлення помилок програмного забезпечення не може призвести до значного зменшення можливості *ПК* і здатності екіпажу справитися з несприятливими умовами польоту.

Категорію критичності системи визначає найбільш критична з її функцій.

Програмне забезпечення поділяють на рівні залежно від обсягу робіт і складу документації, що становлять під час сертифікації. Визначено три рівні програмного забезпечення: рівень 1 відповідає категорії «критична»; рівень 2 – категорії «істотна»; рівень 3 – категорії «неістотна».

Функції розрахунку характерних швидкостей прийняття рішення  $V_1$ , підймання переднього стояка  $V_R$  і безпечної швидкості зльоту  $V_2$  належать до категорії «критична», тому сертифікувати систему *FMS* потрібно як «критичну» з рівнем 1 програмного забезпечення.

### Висновки

Установлення на борт літака навігаційного обчислювача *FMS* з достатніми ємністю пам'яті та швидкодією або електронного планшета *EFB* дозволить вирішити завдання автоматизації розрахунку характерних швидкостей зльоту.

Автоматизація розрахунку характерних швидкостей зльоту безпосередньо на борту літака

дозволить позбавити льотчика від роботи з документацією на паперовому носії.

Автоматизація розрахунку характерних швидкостей зльоту дозволить зменшити завантаження екіпажу, а отже, підвищити безпеку польоту.

Виконання процедури зменшення шуму, котра обумовлена документом ICAO *DOC8168*, також потребує автоматизації режимів зльоту.

### Література

1. *Инструктивный материал*. ICAO. Национальный план для систем CNS/ATM// 1999.
2. *Honeywell*, Aerospace Electronic Systems, GES-Phoenix P.O. Box 21111, Phoenix, Arizona 85036-1111 U.S.A. "FMZ Series Flight Management System (FMS)", 2001.
3. *COLLINS FMS-6100*, Pilot's Guide, 1998.
4. *Требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники*. Ч. 178А. АР МАК, 1998.
5. *Документ ICAO DOC8168*. Правила производства полетов воздушных судов, 2004.

Стаття надійшла до редакції 20.12.06.