

УДК 629.735.083.02 (045)

Ю.П. Пучков, к.т.н, доц.
В.С. Зімін, к.т.н, доц.
О.І. Юрченко, н.с.

ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ І КООРДИНАТИ ЦЕНТРУ МАС ПОВІТРЯНОГО СУДНА ПРИ ВИКОНАННІ ЙОГО МОДЕРНІЗАЦІЇ

Розглянуто питання, пов'язані з можливістю продовження експлуатації повітряного судна без його сертифікації після проведення на ньому модернізації з метою задоволення вимоги ICAO.

The questions related to renewal option of aircraft exploitation without his certification after the lead through on him of modernization with the purpose of satisfaction to the ICAO requirements are examined in the offered article.

Постановка проблеми

Вітчизняний парк повітряних суден (ПС) істотно застарів і здебільшого не відповідає вимогам ICAO до ПС, котрі виконують міжнародні польоти. Виконання міжнародних польотів для авіакомпаній є вигіднішим, ніж виконання внутрішніх перевезень.

У зв'язку з цим деякі авіакомпанії прагнуть модифікувати або доопрацювати наявний парк ПС, що дає змогу виконувати міжнародні польоти і задовольнити вимоги замовників.

Доробки і модифікації застарілого парку ПС можуть виконувати не тільки їх розробники і виробники, але й приватні компанії, сертифіковані Державною авіаційною адміністрацією України на право виконання окремих видів робіт. Будь-які доробки або модернізації ПС пов'язані зі зміною його маси і центрування, оскільки при цьому або щось знімається з ПС, зазвичай застаріле, або встановлюється.

Найчастіше додаткове устаткування, що встановлюване на ПС (або замість застарілого), має невеликі габарити і масу (менше 0,5 % від максимальної злітної маси) і потребує зміни координати центру мас не більше цієї ж величини, що дозволяє відповідно до вимог ICAO не виконувати контрольне зважування і центровку літака із залученням представників Державної адміністрації [1].

Процес визначення центра мас повітряного судна

Процес визначення зміни маси літака і положення центру мас починається, зазвичай, з початкових даних, які повинні включати масу літака і координати центру мас.

Ці дані можна взяти з формуляра літака або останнього офіційного акта зважування і визначення центру мас літака в разі виконання попередньої модернізації.

Зміну маси літака визначають, використовуючи вираз:

$$m_m = m_n + \sum_1^n m_i,$$

де m_m – маса модернізованого літака;

m_n – початкова вага літака до модернізації;

$\sum_1^n m_i$ – алгебрична сума мас блоків і агрегатів,

знятих та встановлених на літак;

n – кількість встановлюваних блоків або агрегатів.

Центрування літака виконують, найчастіше, для порожнього літака (без паливно-мастильних матеріалів, корисного і службового навантаження) з випущеним шасі.

Для визначення координати розміщення встановлюваного устаткування треба мати координати положення шпангоутів фюзеляжу вздовж осі OX (табл. 1), оскільки в документації на модифікацію літака з установкою блоків й агрегатів указують розміри від найближчого шпангоута.

Таблиця 1

Координати шпангоутів

Номер шпангоута	Відстань від шпангоута, м		Відстань від обраного перетину, м
	попереднього	першого	
1	0	0	-2,21
2	0,53	0,53	-1,68
3	0,4	0,93	-1,28
4	0,34	1,20	-0,94
5	0,4	1,60	-0,54
6	0,54	2,10	0
7	0,52	2,62	0,52
n	–	–	–

Розрахунку центрування обов'язково передусе складання масового зведення, яке одночасно служить центрувальною відомістю, оскільки в ній разом з вказівкою маси блоків або агрегатів указують координати розташування центрів мас і статичні моменти (табл. 2).

Таблиця 2

Центрувальна відомість

Номер об'єкта	Найменування об'єкта	m_i	x_i	$m_i x_i$
1	Приладова дошка	0,25	-0,54	-0,135
2	Блок комутації	2,35	-2,15	-5,0525
3	Антенна	0,21	1,40	0,294
$n-1$	–	–	–	–
n	Індикатор	0,89	-0,54	-0,4806
Разом		$\sum_1^n m_i$	–	$\sum M_z = \sum_1^n m_i x_i$

Процес визначення центрування ПС – це знаходження умовної точки, відносно якої сума моментів дорівнює нулю.

Наприклад, при визначенні центру мас уздовж осі OX та OY сума моментів щодо осі OZ має дорівнювати:

$$\sum M_z = 0.$$

Положення центру мас ПС по осі OX визначають за виразом [2; 3]:

$$X_{\text{цм}} = \frac{\sum M_z}{\sum m_i} = \frac{\sum_1^n m_i x_i}{\sum_1^n m_i}.$$

Визначення зміни центру мас літака пов'язане з певними розрахунками, які враховують конструктивні особливості самого літака.

Координати центру мас літака, зазвичай, указують у формулярі літака в системі координат, пов'язаних із середньою аеродинамічною хордою (САХ).

Додаткове устаткування встановлюється на літак переважно у фюзеляжі та на фюзеляжі. Тому виникає необхідність перерахунку положення центру мас з системи координат, пов'язаної з фюзеляжем по осі OX , і системою координат, пов'язаної з САХ (рис. 1).

Коренева нервюра літака має конструктивний настановний кут, але це не означає, що середня аеродинамічна хорда має такий самий кут. Напівкрило літака може мати геометричне або аеродинамічне сукання, що впливає на кут установки САХ.

Для визначення положення центру мас літака використовують такі формули перерахунку:

– у систему координат, пов'язану з САХ крила:

$$X_{\text{цм сах}} = (X_{\text{цм}} - X_{\text{н}}) \cos \sigma + (Y_{\text{н}} - Y_{\text{цм}}) \sin \sigma;$$

– у систему координат, пов'язану з літаком:

$$X_{\text{цм}} = X_{\text{н}} + \frac{X_{\text{цм сах}} - (Y_{\text{н}} - Y_{\text{цм}}) \sin \sigma}{\cos \sigma},$$

де $X_{\text{цм сах}}$ – координата центру мас ПС в системі САХ;

$X_{\text{цм}}$ – координата центру мас по осі OX в системі координат літака;

$X_{\text{н}}$ – координата носка САХ по осі OX ;

$Y_{\text{н}}$ – координата носка САХ по осі OY ;

$Y_{\text{цм}}$ – координата центру мас ПС по осі OY в системі координат літака;

σ – конструктивний кут установки САХ.

Зазвичай, систему координат, пов'язану з літаком, розташовують таким чином. Вісь OX розташовують уздовж будівельної осі фюзеляжу вбік, протилежний польоту, вісь OY – перпендикулярно осі OX , направленої вгору. Початок відліку розташовують або в носку фюзеляжу, або в будь-якому характерному перетині фюзеляжу, координата якого точно відома.

Якщо приріст координати центру мас перевищує 0,5 % САХ, можливі два варіанти виходу з цього положення:

1) запросити фахівців, сертифікованих Державною авіаційною адміністрацією для визначення маси і центровки ПС зі складанням офіційного акту;

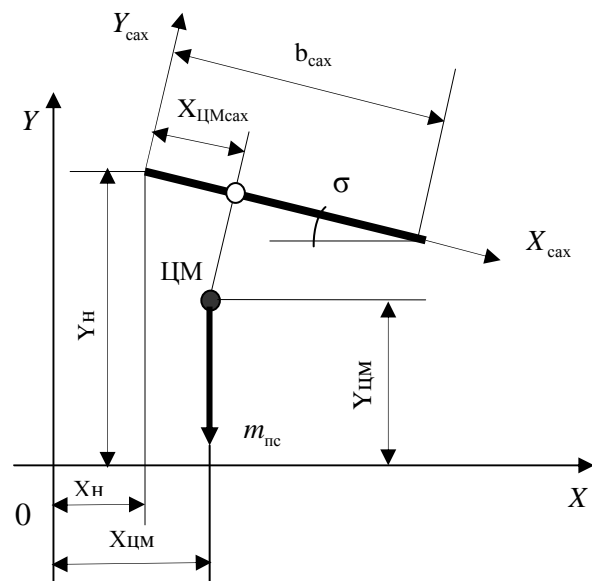


Рис. 1. Прийнятні системи координат під час перерахунку положення центру мас

2) провести перекомпонування встановленого устаткування, заздалегідь погодивши це переміщення з представниками відповідних організацій. В останньому випадку визначають відстань, на яку слід перемістити блок або блоки, щоб отримати необхідну зміну положення центру мас (рис. 2).

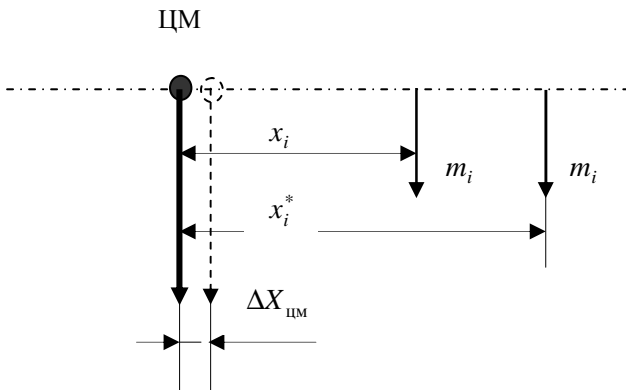


Рис. 2. Виправлення центрування методом переміщення вантажів
При цьому можна скористатися виразом

$$X_i^* - X_i = \frac{\Delta X_{\text{цм}} \cdot b_{\text{сах}}}{m_i},$$

де X_i^* – координата нового положення вантажу;
 X_i – координата попереднього положення вантажу;
 $\Delta X_{\text{цм}}$ – потрібна величина зміни центрування;

\bar{m}_i – відносна маса вантажу: $\bar{m}_i = \frac{m_i}{m_M}$;

m_M – злітна маса модернізованого ПС.

Висновки

1. З наведених матеріалів випливає, що процес модернізації ПС застарілого парку сучасними системами та обладнанням, особливо навігаційним, яке має невеликі габарити та масу, дає змогу виконувати її в організаціях, сертифікованих Державною авіаційною службою на виконання такого виду робіт.

2. Під час планування розміщення сучасного обладнання, наперед необхідно розрахувати зміну маси та центрування ПС за методикою, що пропонується. Якщо під час розрахунків маси ПС після модернізації його маса змінилась на менш ніж на 0,5 % від злітної, то можна намагатись досягти зміни його центрування на величину, що не перевищує 0,5 % від вхідної.

3. Виконані роботи можуть не вимагати оцінювання маси ПС та його центрування у присутності уповноваженої особи Державної авіаційної служби під час першої видачі сертифіката льотної придатності.

Література

1. *Doc 9760* (Т. 1. Организация и процедуры).
2. *Проектирование самолетов* / А.А. Бадягин, С.М. Егер, В.Ф. Мишин и др. – М.: Машиностроение, 1972. – 515 с.
3. *Лебединский А.А.* Центровка самолёта: конспект лекций. Ч. 2. – М.; Орджоникидзе, 1972. – 188 с.

Стаття надійшла до редакції 25.11.08.