

УДК 629.735.33

В. В. Сухов, В. С. Левченко, В. В. Галецький

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИБОРУ ВИХІДНИХ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ НА ЕТАПІ ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУВАННЯ НА ПАРАМЕТРИ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Вступ

Безпілотний літальний апарат (БПЛА) – складна технічна система, проектування якої складається з декількох стадій. Ескізне проектування – найбільш вирішальна стадія, оскільки на ній визначаються основні його геометричні параметри та характеристики, розробляються конструктивно-силові схеми агрегатів, здійснюються різноманітні розрахунки (аеродинамічні, вагові, на міцність і т. д.) [1].

На даний момент, виконуючи аналіз мас БПЛА в першому наближенні, користуються даними, які ґрунтуються на технологіях виробництва 80-90 років, прийнятих для великої авіації [2]. Сучасні матеріали та технологічна база дають можливість створювати конструкції ефективніші по масі та міцності.

Постановка задачі

Аналіз зміни маси конструкції БПЛА у відносних величинах залежно від вибору вихідних статистичних даних на етапі ескізного проектування з використанням статистично-аналітичного методу [3].

Розрахунок маси планера в першому наближенні

Маса проектного планера БПЛА визначається методом послідовних наближень. Розрахунок злітної маси в першому наближенні здійснюється після розробки технічного завдання [2].

При розрахунку злітної маси $m_{зл}$ виходять з того, що маса літака складається із мас окремих його частин, для зручності користуються рівнянням балансу мас літака у відносних величинах:

$$1 = \bar{m}_{кр} + \bar{m}_{ф} + \bar{m}_{кн} + \bar{m}_{оп} + \bar{m}_{об} + \bar{m}_{ш} + \bar{m}_{дв} + \bar{m}_{п}, \quad (1)$$

де $m_{зл}$ – маса злітна, $m_{кр}$ – маса крила, $m_{ф}$ – маса фюзеляжу, $m_{кн}$ – маса корисного навантаження, $m_{оп}$ – маса оперення, $m_{об}$ – маса обладнання, $m_{ш}$ – маса шасі, $m_{дв}$ – маса двигуна, $m_{п}$ – маса палива.

На даний момент в методичній літературі [2] наведені відносні маси частин літального апарату (ЛА), які були побудовані з урахуванням

застарілих технологій. Нині БпЛА будуються за сучасними технологіями, переважно із композитних матеріалів, тому відносні маси частин БпЛА потребують перерахунку.

Використовуючи зібрану статистичну базу існуючих БпЛА, з масовими характеристиками кожного агрегату аналітичним методом розраховуємо відносні маси частин планеру БпЛА(табл. 1, табл. 2).

Таблиця 1.

Основні масові характеристики БпЛА

Масова характеристика	Назва БпЛА		
	Pegas	R-400	Птах
Злітна маса $m_{зл}$, кг	12	17	65
Маса крила $m_{кр}$, кг	1,65	2,8	11,5
Маса фюзеляжу $m_{ф}$, кг	1,5	1,9	5,8
Маса оперення $m_{оп}$, кг	0,4	0,55	2,2
Маса двигуна $m_{дв}$, кг	0,4	2,7	3,3
Маса шасі $m_{ш}$, кг	0,35	1,1	2,5
Маса обладнання $m_{об}$, кг	1,6	0,6	0,6
Маса палива $m_{п}$, кг	1,4	1,5	10
Маса корисного навантаження $m_{кн}$, кг	4,7	5,8	25

Таблиця 2.

Відносні маси частин БпЛА

		За старими технологіями	За сучасними технологіями	Різниця, %
1	Маса крила $\bar{m}_{кр}$, кг	0,18	0,17	5,7
2	Маса фюзеляжу $\bar{m}_{ф}$, кг	0,17	0,1	42,4
3	Маса оперення $\bar{m}_{оп}$, кг	0,035	0,03	5
4	Маса двигуна $\bar{m}_{дв}$, кг	0,125	0,07	45
5	Маса шасі $\bar{m}_{ш}$, кг	0,07	0,04	40
6	Маса обладнання $\bar{m}_{об}$, кг	0,075	0,03	60
7	Маса палива $\bar{m}_{п}$, кг	0,17	0,14	19,3
8	Маса корисного навантаження $m_{кн}$, кг	0,225	0,38	67,8

Провівши аналіз отриманих результатів (рис. 1), можемо помітити перерозподіл відносних мас в бік збільшення маси корисного

навантаження(до 68%), суттєвого зменшення маси окремих агрегатів БпЛА. Це в першу чергу пов'язано з використанням сучасних технологій і матеріалів при будівництві представлених БпЛА, які дають можливість досягати високих характеристик міцності при зменшенні маси.

Після визначення відносних мас всіх частин БпЛА, скориставшись наступним рівнянням, можна визначити відносну масу корисного навантаження:

$$\bar{m}_{\text{кн}} = 1 - \bar{m}_{\text{кр}} - \bar{m}_{\text{ф}} - \bar{m}_{\text{кн}} - \bar{m}_{\text{оп}} - \bar{m}_{\text{об}} - \bar{m}_{\text{ш}} - \bar{m}_{\text{дв}} - \bar{m}_{\text{п}}. \quad (2)$$

Дослідження можливості створення БпЛА за прийнятим технічним завданням, проводиться після аналізу можливого цільового навантаження і визначення маси корисного навантаження.

Задаємося критерієм «Коефіцієнт масової віддачі» (КМВ), що дорівнює відношенню маси корисного навантаження до максимальної злітної ваги [6]. Аналізуючи цей критерій досліджуємо залежності: КМВ від аеродинамічної якості БпЛА, КМВ від злітної маси БпЛА та КМВ від видовження крила.

Залежність КМВ від аеродинамічної якості БпЛА

Зі зростанням аеродинамічної якості КМВ падає, це обумовлено необхідністю покращення аеродинамічних властивостей літака, що неминуче веде до збільшення маси планера літака (рис. 2). Дані, які відображаються за цією залежністю мають доволі широкий діапазон – це обумовлено використанням різних технологій, конструкцій, матеріалів у конструюванні БпЛА, а також призначенням безпілотного літального апарату.

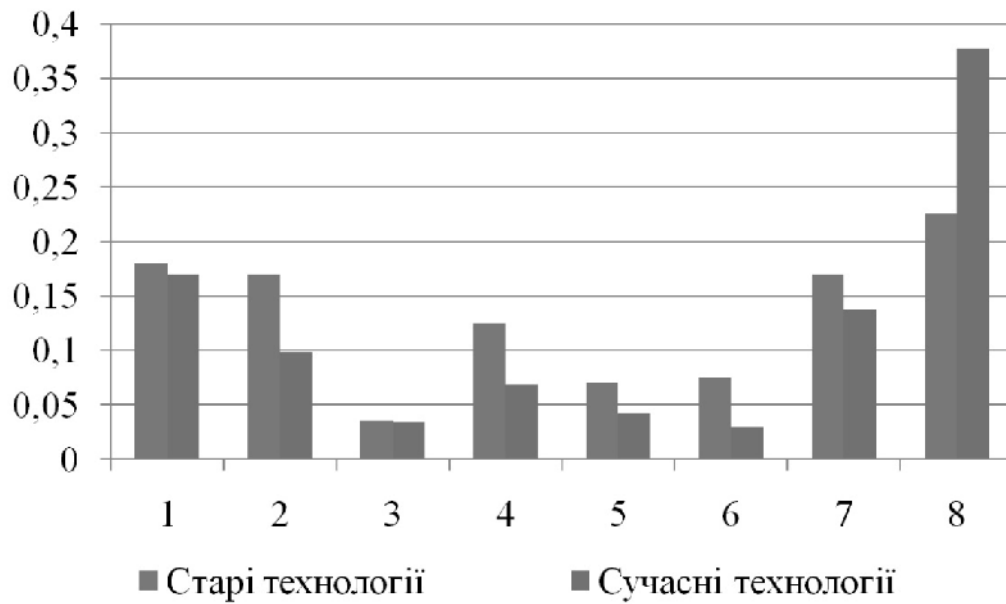


Рис. 1. Порівняння відносних мас частин БПЛА

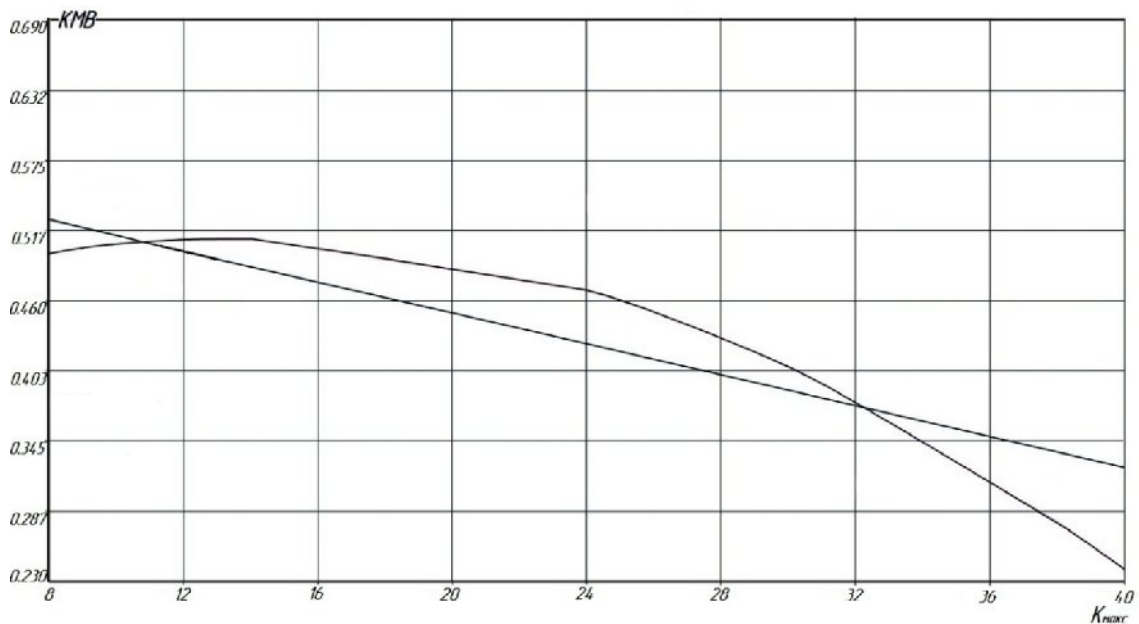


Рис. 2. Графік залежності КМВ від максимальної аеродинамічної якості

Залежність КМВ від злітної маси БПЛА

Наведено залежність, з якої можна зробити висновок, що із зростанням злітної маси також зростає КМВ, це обумовлено можливістю використання саме необхідних перерізів силових елементів, а не тих, що обумовлені конструктивно чи технологічно, адже вони часто значно більші за необхідні (рис. 3). Також широкий діапазон даних обумовлений призначенням та типом БПЛА.

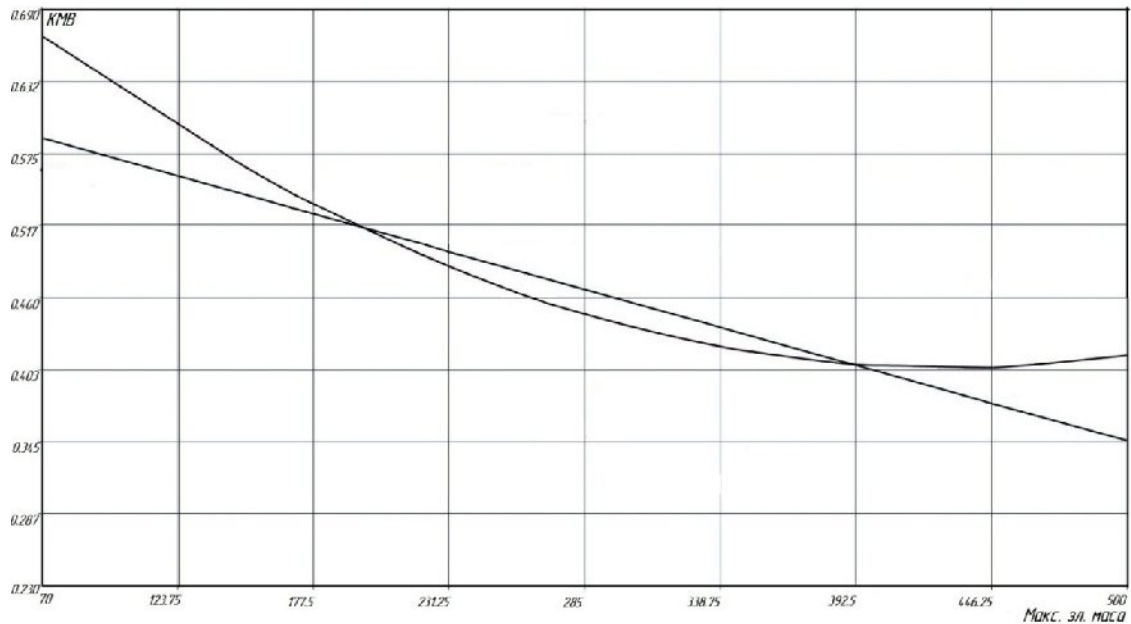


Рис. 3. Графічні залежності КМВ від злітної маси ЛА

Залежність КМВ від видовження крила

Відображає, що зі збільшенням видовження крила КМВ зменшується (рис. 4). Це зумовлено зростанням згинаючого моменту у корені крила і необхідністю посилювати цей вузол, а отже зростає маса ЛА.

Наведені залежності одержано за допомогою інформаційно-аналітичної програми Fox Flight 3.0., яка була розроблена на факультеті АКС НТУУ «КПІ».

Висновки

Виходячи з аналізу розрахованих та існуючих відносних мас частин БпЛА (табл. 1, табл. 2), можемо зробити висновок про перерозподіл відносних мас в бік збільшення маси корисного навантаження, суттєвого зменшення маси окремих агрегатів БпЛА. Тому робимо висновок, що вибір актуальних вихідних даних суттєво впливає на аналіз мас в першому наближенні. Це в першу чергу пов'язано з використанням різноманітних технологій і матеріалів при будівництві представлених БпЛА.

Отримані відносні маси можуть бути застосовані при розрахунку маси пленеру БпЛА в першому наближенні, при умові використання в конструкції не менше 50-60% композитних матеріалів.

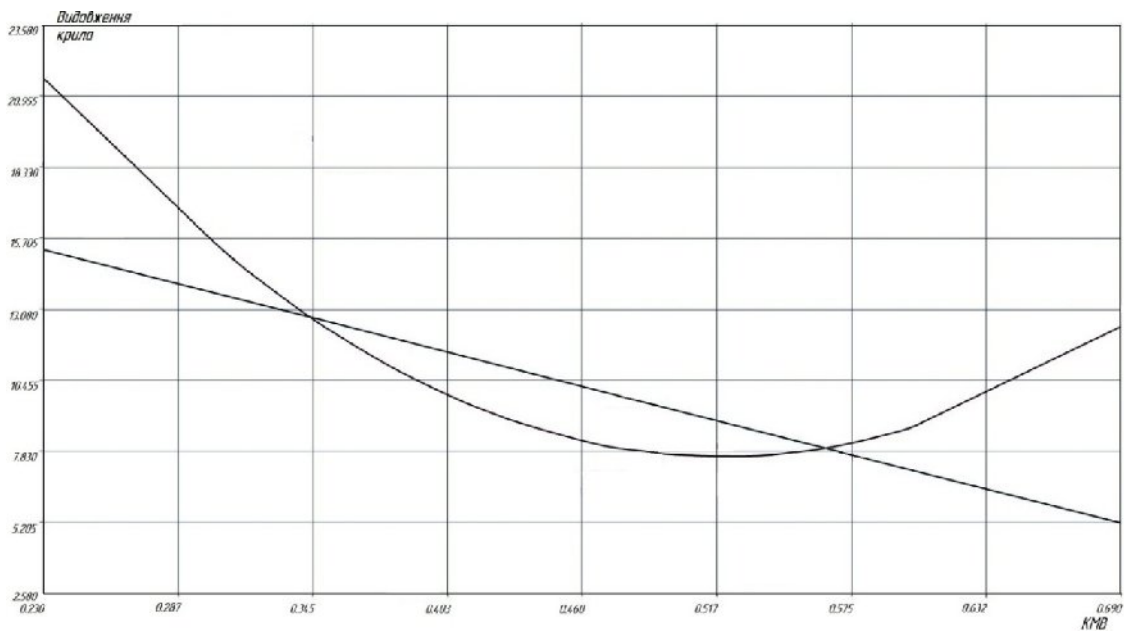


Рис. 4. Графік залежності КМВ від видовження крила

Наведені залежності дозволяють отримати також необхідні критерії для визначення коефіцієнту масової віддачі, видовження крила та підтвердити маси корисного навантаження. При аналізі залежностей виявлено що із зростанням злітної маси також зростає КМВ. Це обумовлено можливістю використання саме необхідних перерізів силових елементів, а не тих, що обумовлені конструктивно чи технологічно.

Із зростанням аеродинамічної якості КМВ падає, це обумовлено необхідністю покращення аеродинамічних властивостей літака, що неминуче веде до збільшення маси планера літака.

Зі збільшенням видовження крила КМВ зменшується. Це зумовлено зростанням згинаючого моменту у корневих частинах крила і необхідністю посилювати цей вузол, а отже зростає маса ЛА.

Список використаної літератури

1. Ванін, І. В. Структурно-параметричне геометричне моделювання несучих поверхонь на стадії ескізного проектування літака [Текст]: Дис... канд. техн. наук / І. В. Ванін — К., 2006. — 147с.
2. Чумак, П. И. Расчет, проектирование и постройка сверх легких самолетов [Текст]/ П. И. Чумак В. Ф. Кривокрысенко: — М., Машиностроение, 1991. — 238с.
3. Амброжевич, А. В. Формирование облика легких беспилотных летательных аппаратов методом подобия [Текст]/ А. В. Амброжевич, С. А. Яшин, А. С. Карташев // Авиационно-космическая техника и технология. — 2004. — № 3. — С. 25 - 29.

4. *Цепляева, Т. П.* Исследование влияния различных параметров беспилотного летательного аппарата на его взлетную массу [Текст]/ Т. П. Цепляева, А. Н. Лохов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - 2009.- № 42 - С. 34-38.
5. *Арепьев, А. Н.* Вопросы проектирования легких самолетов. Выбор схемы и параметров. [Текст]/ А. Н. Арепьев – М., Машиностроение, 2001. – 137 с.
6. *Кадем, Р. К.* Компонентный анализ беспилотных летательных аппаратов [Текст] / Р. К. Кадем // Електроніка та системи управління. – 2010. - №2. – С. 45-51.