

УДК 623.7

БОГОСЛАВЕЦЬ С.О., провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

СТЕШЕНКО П.М., провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук

ЛУЖБИНА О.Б., наукова співробітниця

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБРИСУ ПЕРСПЕКТИВНОГО ВИСОКОШВИДКІСНОГО БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАКА

Наведені результати аналізу тенденцій створення і застосування високошвидкісних безпілотних літальних апаратів (БпЛА) літакового типу. Окреслено основні результати попередніх досліджень з обґрунтування обрису високошвидкісного безпілотного літака

Ключові слова: високошвидкісний безпілотний літак, протиповітряна оборона, аеродинамічна схема, радіолокаційна помітність

Як відомо, ефективність подолання протиповітряної оборони (ППО) противника літаками, у т.ч. безпілотними, суттєво збільшується при польоті у діапазоні високих швидкостей та малих висот [1].

У Збройних Силах України на сьогодні відсутні сучасні високошвидкісні БпЛА, тому Міністерством оборони України здійснюються заходи щодо знайдення шляхів оснащення військ (сил) такою авіаційною технікою, а саме – модернізація наявних у Повітряних Силах ЗС України застарілих розвідувальних БпЛА або створення вітчизняними підприємствами нових типів. Вирішення цього питання потребує проведення досліджень щодо аналізу світових тенденцій розвитку високошвидкісних БпЛА, оцінювання можливості та доцільності модернізації тих типів, які ще є на озброєнні, а також розроблення тактико-технічних вимог до перспективних високошвидкісних БпЛА [2].

З огляду на актуальність теми, авторами проведено попередні дослідження щодо формування обрисів оперативного високошвидкісного літака із застосуванням підходу на основі теорії розмірності та подібності [3], методики багатокритеріального вибору БпЛА [4], вагових характеристик [5, 6] а також показників радіолокаційної помітності та показника інфрачервоної помітності [7, 8].

У збройних силах країн світу на озброєнні знаходяться, в основному, розвідувальні високошвидкісні безпілотні літальні апарати, наприклад: у Німеччині, Франції, Канаді та Італії використовуються розвідувальні БпЛА CL-289, у США – ADM-160, в Італії – “Mirach 150”, в Китаї – WZ-5.

Сучасний рівень розвитку технологій дозволяє забезпечити високі швидкості і дальність польоту збільшенням тяги й економічності двигуна, а також потрібне

корисне навантаження – за рахунок мініатюризації бортового обладнання (п'єзо-гіроскопів, цифрових малогабаритних відеокамер тощо).

Тоді повстає запитання, який саме технічний обрис повинен мати перспективний високошвидкісний безпілотний літак для більш ефективного вирішення завдань, що виконуються зараз БпЛА, розробленим кілька десятиліть тому? Тенденцію зменшення з роками злітної маси високошвидкісних розвідувальних БпЛА різних країн-виробників показано на рис. 1.

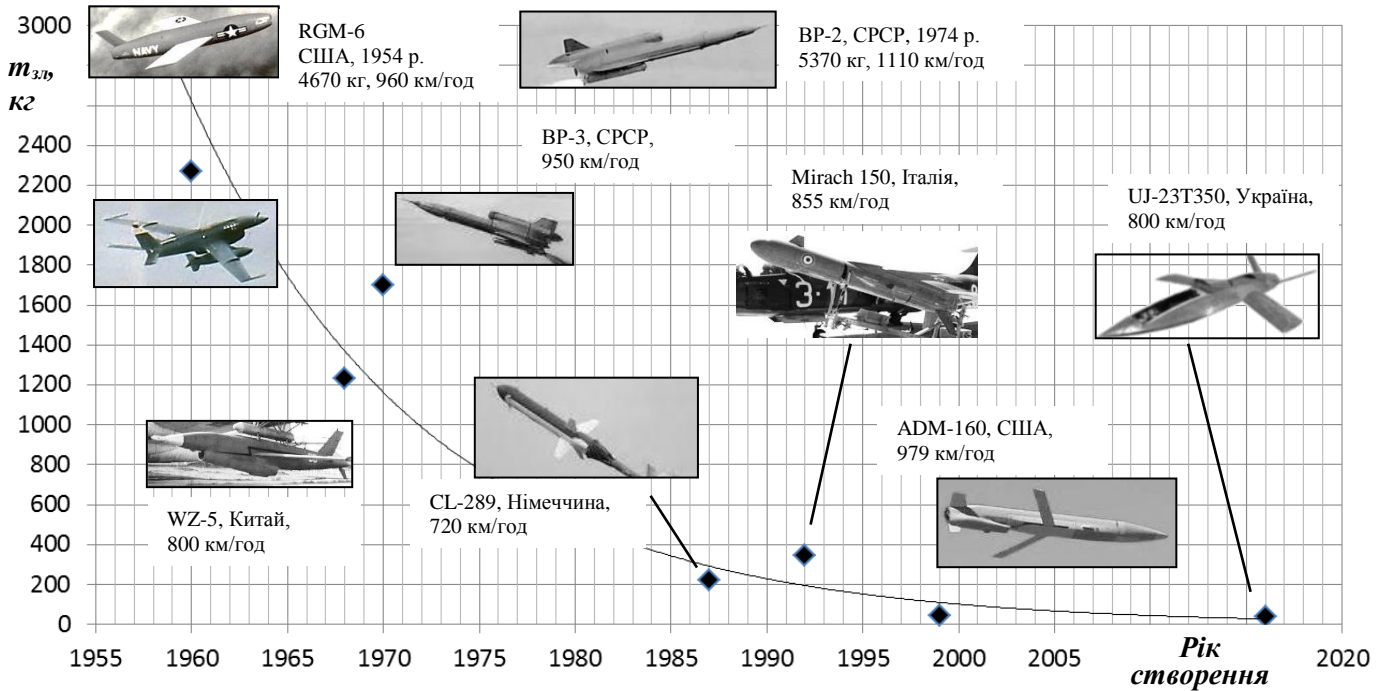


Рис. 1. Зменшення злітної маси високошвидкісних БпЛА за роками

З метою визначення основних рис перспективного високошвидкісного безпілотного літака авторами використано методику прискореного попереднього проєктування БпЛА меншої маси і розмірів на базі існуючого прототипу геометрично подібним перетворенням із збереженням заданого набору його основних характеристик (швидкості, висоти і дальності польоту, ймовірності подолання ППО противника) [3].

Відповідно до зазначеної методики, під час геометрично подібного перетворення літаків з аеродинамічним способом створення підйімальної сили та при незмінних льотних характеристиках, злітна маса змінюється пропорційно квадрату лінійних розмірів [5]:

$$\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = x, \quad (1)$$

де m_1 , m_2 – злітні маси безпілотного літака-прототипа та перспективного, x – кратність зменшення маси літака.

Тяга силової установки БпЛА з роками також зменшується відносно тяги прототипу пропорційно квадрату лінійних розмірів [3]:

$$P_1 \cdot \left(\frac{1}{x^2}\right) = P_2, \quad (2)$$

де P_1 та P_2 – тяги силових установок БпЛА-прототипа і перспективного високошвидкісного БпЛА відповідно.

Аналіз характеру зменшення геометричних розмірів високошвидкісних безпілотних літаків з роками показує, що щільність компоновання літального апарата, яка має верхнє обмеження та впливає на допустиме навантаження на крило, потребує обов'язкового врахування. Змінення наближеного значення щільності компоновання безпілотного літака-прототипу за кількадесят років можна оцінити за виразом [3]:

$$\frac{m_2 \cdot w_1}{m_1 \cdot w_2} = \frac{m_2 \cdot l_{\phi 1} \cdot d_{\phi 1} \cdot L_{кр 1}}{m_1 \cdot l_{\phi 2} \cdot d_{\phi 2} \cdot L_{кр 2}} = y, \quad (3)$$

де w_1, w_2 – приблизні значення об'ємів літаків; $l_{\phi 1}, l_{\phi 2}$ – довжини фюзеляжів; $d_{\phi 1}, d_{\phi 2}$ – діаметри фюзеляжів; $L_{кр 1}, L_{кр 2}$ – розмахи крил (прототипу і перспективного високошвидкісного БпЛА відповідно).

У першому приближенні значення навантаження на крило також може бути отримане з міркування подібності у залежності від злітної маси [6].

З метою визначення коефіцієнтів x та y , а також зміни питомого навантаження на крило g , розглянемо оперативні високошвидкісні БпЛА різних років виготовлення компаніями США, а саме – Vought SSM-N8/RGM-6 “Regulus” (далі – RGM-6) та ADM-160 MALD (далі – ADM-160) [3].

За прототип для формування технічного обрису гіпотетичного перспективного оперативного високошвидкісного літака “Шторм” обрано оперативний БпЛА Ту-141 зі складу безпілотного авіаційного комплексу ВР-2 “Стриж” (далі – ВР-2).

Основні технічні показники зазначених вище БпЛА та характеристики гіпотетичного перспективного оперативного високошвидкісного літака “Шторм”, розраховані за формулами (1...3), наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

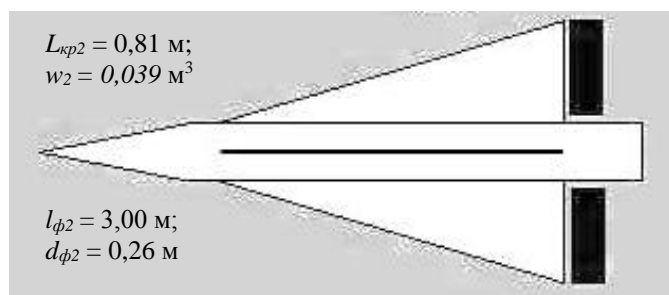
Вихідні дані та результати розрахунків характеристик БпЛА

№ з/п	Назва показника, розмірність	Оперативні літаки США		Оперативні літаки України	
		RGM-6	ADM-160	ВР-2	“Шторм”
1.	Дата розроблення, рік	1954	1999	1974	20XX
2.	Аеродинамічна схема	“нормальна”		“безхвістка”	
3.	Швидкість польоту, км/год	961	979	1110	1000
4.	Дальність польоту, км	925	460	1000	600
5.	Злітна маса, кг	4670	45	5370	52
6.	Коефіцієнт x зміни злітної маси, од.	10,187			
7.	Тяга двигуна, Н	20000	220	19600	189
8.	Тягоозброєність, од.	0,366	0,489	0,372	0,371
9.	Розмах крила, м	6,40	0,65	3,88	0,78

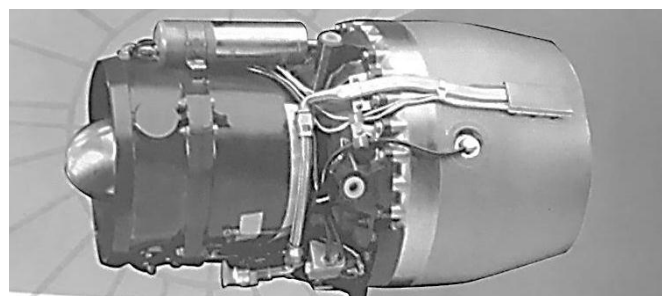
Кінець таблиці 1

№ з/п	Назва показника, розмірність	Оперативні літаки США		Оперативні літаки України	
		RGM-6	ADM-160	BP-2	"Шторм"
10.	Площа крила, м ²	12,00	0,13	10,00	0,23
11.	Довжина фюзеляжу, м	10,10	2,38	14,33	2,90
12.	Діаметр фюзеляжу, м	1,40	0,15	2,21	0,26
13.	Приблизний об'єм літака, м ³	13,80	0,043	15,30	0,105
14.	Щільність компонування літака кг/м ³	338	1271	350	1315
15.	Коефіцієнт у зміни щільності компонування	3,759			
16.	Питома навантага на крило g, кг/м ²	834	346	537	223
17.	Коефіцієнт зміни навантаги на крило, од	2,41			

Для забезпечення польоту із заданою швидкістю перспективного літака з визначеними параметрами (рис. 2а) можна у якості силової установки розглядати вітчизняний малогабаритний турбореактивний двигун МС-100 (рис. 2б).



а) БПЛА "Шторм"



б) Двигун МС-100

Рис. 2. Можливі аеродинамічна схема та силова установка вітчизняного перспективного високошвидкісного літака

Двигун МС-100 має максимальну тягу 980 Н на швидкості 1000 км/год близько поверхні землі. Ці показники є прийнятними для перспективного БПЛА, що розглядається. Масо-габаритні параметри: маса – 18 кг, діаметр – 245 мм, довжина – 500 мм.

Розглянемо вплив зменшення розмірів перспективного високошвидкісного БПЛА порівняно з прототипом при однакових швидкостях на можливості подолання ним ППО противника.

Ймовірність подолання високошвидкісним безпілотним літальним апаратом засобів у складі системи ППО противника залежить від заданого часу циклу стрільби цих засобів та часу знаходження БПЛА в зоні ураження засобами ППО [4]. Тобто при однаковій швидкості польоту БПЛА-прототипа і перспективного БПЛА

вони будуть проходити однаковий шлях в зоні ураження за цикл стрільби засобів ППО противника. Отже, фактор швидкості не впливає на зміну ймовірності подолання ППО після зменшення розмірів БпЛА.

Разом з тим, окрім швидкості та висоти польоту на ймовірність подолання безпілотним літаком ППО противника впливають також показники його помітності:

габаритні розміри, колір, енергетична яскравість – для комплексу ППО з пасивними засобами виявлення (оптико-електронні видимого та інфрачервоного діапазонів);

ефективна поверхня розсіювання – для комплексу ППО з активними засобами виявлення (радіолокаційні, лазерні).

Тому, з метою оцінювання конструктивно-компонувальних рішень, що приймаються під час початкової стадії формування технічного обриса безпілотного літака, можна використовувати показник радіолокаційної помітності та показник інфрачервоної помітності.

Так, показник радіолокаційної помітності [7], який залежить від габаритних розмірів літака, визначається формулою:

$$Z_{\text{БпЛА}} = l_{\phi} \cdot (d_{\phi} + h_{\text{во}}) \cdot L_{\text{кр}} \cdot S_{\text{кр}}^{-1,5}, \quad (4)$$

де $S_{\text{кр}}$ – площа крила безпілотного літака, $h_{\text{во}}$ – висота вертикального оперення.

Показник інфрачервоної помітності [8] має таке співвідношення із показником радіолокаційної помітності:

$$Z_{\text{ІЧ БпЛА}} = 0,12 \cdot Z_{\text{БпЛА}}. \quad (5)$$

Згідно з формулами (4) та (5), тільки за рахунок зменшення розмірів, показники радіолокаційної помітності перспективного високошвидкісного літака “Шторм”, порівняно із прототипом, знизиться з 7,78 до 5,33, а показник інфрачервоної помітності – з 0,934 до 0,640.

З урахуванням зазначеного, при виконанні конструктивних заходів щодо підвищення ймовірності подолання ППО противника, потрібно враховувати також вплив таких показників БпЛА: максимальна швидкість польоту, мінімальна висота польоту, розміри (площа), ефективна поверхня розсіювання, температура вихідних газів силової установки.

Отже, можна зробити попередній висновок щодо основних показників перспективного БпЛА з метою початкового формування його технічного обриса. Відповідно до класифікації, що визначена ДСТУ В 7371:2020 “Техніка авіаційна державної авіації. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни та визначення понять. Класифікація”, цей літальний апарат може бути описаний як оперативний високошвидкісний багатоцільовий безпілотний літак багаторазового застосування: маневрений літак аеродинамічної схеми “безхвістка” з одним турбореактивним двигуном та максимальною швидкістю польоту 1000 км/год на відстань до 600 км. Максимальна висота польоту знаходиться у діапазоні від 4000 м до 6000 м та висота подолання ППО противника – від 50 м до 100 м. Попередньо визначені масові та

геометричні показники гіпотетичного перспективного високошвидкісного літака (див. табл. 1), під час подальшого формування технічного обриса перспективного БпЛА повинні бути уточнені проведенням аеродинамічних розрахунків. В цілому, для ефективного подолання ППО противника БпЛА повинен бути високошвидкісним (легким, обтічним і оснащеним потужною силовою установкою) та малопомітним в радіолокаційному та оптичному діапазоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Авиация в локальных войнах. Бабич В.К., – М.: Воениздат, 1988. - 207 с.
2. Богославец С.О., Стешенко П.М. Тенденції розвитку високошвидкісних безпілотних літаків у світі та в Україні // Зб. наук. праць Державного науково-дослідного інституту авіації. – К.: ДНДІА, 2019. – Вип. № 15(22). – С. 55–61.
3. Амброжевич А.В. Формирование облика легких беспилотных летательных аппаратов методом подобия / А.В. Амброжевич, С.А. Яшин, А.С. Карташев // Авиационно-космическая техника и технология. – 2004. – № 5. – С. 54–58. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2004_5_10.
4. Іленко Є.Ю., Стешенко П.М. Методика багатокритеріального вибору розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів для Збройних Сил України / Наук.-техн. журн. Системи озброєння і військова техніка – Х: ХНУПС, 2017. – Вип. № 2(50). – С. 67–70.
5. Комаров В.А. Весовой анализ авиационных конструкций, теоретические основы // Полет, 2000. – № 1. – С. 31–35.
6. Егер С.М. Проектирование самолетов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. – М: Машиностроение, 1983. - 606 с.
7. Анипко О.Б. Показатель радиолокационной заметности для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на радиолокационную заметность самолета / О.Б. Анипко, Е.А. Украинец // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Х.: НАКУ “ХАИ”, 2008. – № 1(52). – С. 7–14.
8. Анипко О.Б. Показатель инфракрасной заметности боевых летательных аппаратов для оценки влияния конструктивно-компоновочных решений на заметность / О.Б. Анипко, Е.А. Украинец // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2009. – № 2. – С. 100–103.

Надійшла до редакції 30.11.2020

Рецензент: професор Зіатдінов Ю.К.