

О.Г. Складаров, В.М. Кумпаненко, Ю.Л. Діденко

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ ТАКТИЧНОГО ЛІТАКА З ПЕРСПЕКТИВНИМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИМ ПРИЦІЛЬНИМ КОНТЕЙНЕРОМ В АЕРОДИНАМІЧНІЙ ТРУБІ АТ-1

На підставі аналізу сучасних та перспективних контейнерів оптико-електронної прицільної системи було визначено технічні характеристики контейнеру (форма та геометричні характеристики) для подальших досліджень. Для проведення експерименту було розроблено модель контейнеру оптико-електронної прицільної системи та літака Су-27. За результатами експериментальних досліджень в аеродинамічній трубі АТ-1 сумарних аеродинамічних характеристик літака Су-27 з контейнером оптико-електронної прицільної системи проведено аналіз його впливу на аеродинамічні характеристики по відношенню до літака без авіаційних засобів ураження та зі штатним озброєнням.

Ключові слова: літак Су-27, контейнер оптико-електронної прицільної системи, сумарні аеродинамічні характеристики, експериментальні дослідження.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні збройні конфлікти у світі, а особливо розв'язана війна російською федерацією проти України, демонструють значне зростання використання високоточних авіаційних засобів ураження (АЗУ). При цьому завдання ураження наземних об'єктів противника (особливо пункти управління військами, склади озброєння та логістики, мости та переправи) стають одними із головних у тривалих бойових зіткненнях при війні на виснажливість. Також зростають вимоги до АЗУ стосовно підвищення точності застосування без заходу ударних літаків у зону дії засобів протиповітряної оборони (ППО) противника у будь-яких метеоумовах у день та вночі [1, с. 136, 137; 2, с. 74, 75].

Тактичні літаки Повітряних Сил Збройних Сил України, виробництва СРСР, мають на озброєнні прицільні системи, що за своїми характеристиками та можливостями поступаються аналогам західних зразків. Такі прицільні системи не відповідають сучасним вимогам до них щодо високоточності АЗУ у будь-який час доби без заходу у зону дії ППО противника [1, с. 136, 137].

Одним із шляхів вирішення проблеми є дообладнання тактичних літаків Повітряних Сил Збройних Сил України сучасними оптико-електронними прицільними системами (ОЕПС) західного виробництва. Однією із характерних ознак сучасних ОЕПС є їх виконання у контейнерному варіанті. Ця мобільність дозволить підвищити спроможність тактичних літаків Повітряних Сил

Збройних Сил України з ураження об'єктів противника з більшою вірогідністю [1, с.136...137].

Одним із недоліків сучасних контейнерних ОЕПС країн НАТО є збільшення лобового опору літака.

Ведення бойових дій з визволення території України від російських загарбників підтверджує актуальність оснащення тактичних літаків Повітряних Сил Збройних Сил України ПКПР сучасними ОЕПС. Це завдання можливо вирішити за рахунок розроблення або закупівлі сучасних ОЕПС та оснащення ними літаків тактичної авіації. Реалізація такого підходу дозволить значно підвищити бойові спроможності тактичної та оперативно-тактичної авіації по ураженню наземних об'єктів противника [1, с. 136...141].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні ОЕПС, що знаходяться на озброєнні країн НАТО, їх характеристики, недоліки та переваги проаналізовані та наведені у літературі [1, с. 137; 2, с. 74...77; 3, с. 51...53; 4, с. 6; 5, с. 43...78].

Використання сучасних ОЕПС у контейнерному варіанті потребують вивчення їх впливу на аеродинамічні та льотно-технічні характеристики літаків-носіїв тактичної авіації. У цьому напрямку проводились, схожі за тематикою та сценарієм, дослідження впливу нового озброєння на аеродинамічні та льотно-технічні характеристики тактичних літаків, які стоять на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України. Деякі результати вищезазначених досліджень наведені у наступних публікаціях [6, с. 75...80; 7, с. 77...82; 8, с. 88...94; 9, с. 138...143].

Мета статті впливає з постановки проблеми та аналізу останніх досліджень і публікацій та є дослідження сумарних аеродинамічних характеристик моделі літака Су-27 з перспективним оптико-електронним прицілним контейнером та оцінка його впливу на аеродинаміку літака.

Виклад основного матеріалу

Найбільш сучасним ОЕПС є “Sniper XR” виробництва Сполучених Штатів [1, с.137], тому його розміри та форма вибрані для досліджень. Основні тактико-технічні характеристики ОЕПС “Sniper XR”: довжина складає 2,39 м, діаметр 0,3 м та масою 200 кг. Експериментальні дослідження літака Су-27 з ОЕПС здійснювалось з підвіскою останнього на ближній точці підвіски до фюзеляжу лівого крила. Припустима різниця в масі озброєння на крилах літака Су-27 складає до 750 кг.

Подальше порівняння результатів досліджень із варіантом озброєння літака Су-27 з ОЕПС з базовим варіантом штатного підвісного озброєння для літака Су-27 здійснювалось наступним чином. Літак Су-27 має десять точок підвіски різноманітного озброєння різного класу. Вибір штатних АЗУ для співставлення з ОЕПС було виконано з урахуванням їх загальної кількості і маси серед варіантів озброєння, а також сумарних значень коефіцієнту лобового опору. Проведений аналіз показує, що найбільше значення коефіцієнта лобового опору при нульовій підйимальній силі має варіант озброєння літака Су-27, що включає чотири блоки Б-8М1 з некерованими авіаційними ракетами (НАР) С-8. З огляду на це, саме такий варіант озброєння обрано у якості вихідного для проведення згаданих вище порівнянь різних варіантів озброєння [6, с. 75; 9, с. 139; 10].

Експеримент із дослідження аеродинамічних характеристик літака Су-27 з різними варіантами озброєння проводився з використанням аеродинамічної бази Державного науково-дослідного інституту авіації в наступних конфігураціях: варіант 1 – без АЗУ; варіант 2 – 2хР-73; варіант 3 – 3: 4хблоки Б-8М1 з НАР С-8 та 2хР-73, варіант 4 – одна універсальна ОЕПС та 2хР-73. Такий підхід мав на меті визначити достовірність результатів, що будуть отримані при проведенні експериментів в аеродинамічній трубі АТ-1 з новим видом ОЕПС шляхом відповідного покрокового та послідовного порівнянь. Обробка результатів експериментів здійснювалась відповідно підходам, що рекомендовані у [11...15].

Для порівняння з результатами (варіант 4) значення аеродинамічних коефіцієнтів за варіантами 1...3 брались із раніше отриманих у попередніх дослідженнях [6, с. 76...77, 9, с. 140...141].

Вибрана модель контейнера ОЕПС циліндричної форми діаметром 0,3 м та довжиною 2,39 м), що не суперечить гранично припустимій довжини такого контейнеру, що складає одну третину загальної довжини літака Су-27 і може бути максимальною до 5,17 м. Стосовно діаметру, як слід з аеродинамічних обмежень на лобовий опір, діаметр міделевого перетину не може перевищувати однієї п'ятої довжини контейнеру, тобто 1,03 м. [6, с. 76, 77; 9, с. 140, 141].

Для проведення аналізу результатів експериментальних досліджень основних аеродинамічних характеристик моделі літака Су-27 з контейнером ОЕПС наведено у порівнянні із результатами попередніх досліджень (варіанти 1...4), а саме:

результати експерименту (залежності коефіцієнту підйимальної сили від кута атаки $C_{ya} = f(\alpha)$, полярів $C_{ya} = f(C_{xa})$ та залежність аеродинамічної якості від коефіцієнту підйимальної сили $K = f(C_{ya})$ для літака Су-27 без АЗУ (варіант 1) і з підвіскою на кінцівках крила (варіант 2) 2-х ракет Р-73), які отримано у [6, с. 76...80; 9, с. 138...143];

результати експерименту похідної коефіцієнту підйимальної сили за кутом атаки C_y^a , коефіцієнту сили лобового опору C_{xo} та максимальної аеродинамічної якості K_{max} для літака Су-27 без АЗУ та з підвіскою на кінцівках крила 2-х ракет Р-73 у порівнянні з відомими даними отримано у [6, с. 76, 77; 9, с. 138...143];

значення основних аеродинамічних коефіцієнтів літака Су-27 з варіантами озброєння №№ 1, 2 наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Значення основних аеродинамічних коефіцієнтів літака Су-27 з варіантами озброєння №№ 1, 2

Аеродинамічний коефіцієнт	Результат експерименту		Дані з [6; 9]	
	Без АЗУ	2хР-73	Без АЗУ	2хР-73
C_y^a	0,0707	0,0719	0,0700	0,0712
C_{xo}	0,0155	0,0158	0,0154	0,0159
K_{max}	11,47	11,51	11,5	—

Джерело: розроблено авторами за даними [6, с. 75...80; 9, с. 138...143].

Проведений аналіз результатів досліджень, зведених у табл. 1, свідчить, що отримані значення аеродинамічних коефіцієнтів практично не відрізняються від значень коефіцієнтів, отриманих у [6, с. 75...80; 9, с. 138...143]. Тому можна стверджувати про достовірність результатів, які

планується отримати при проведенні експериментів моделі літака Су-27 з контейнером ОЕПС.

Попередні розрахунки для порівнянь з результатами (варіанти 1 та 3), що у подальшому були отримані для моделі літака Су-27 з контейнером ОЕПС, наведено:

у залежності коефіцієнту підйимальної сили від кута атаки $C_{ya} = f(a)$, полярів $C_{ya} = f(C_{xa})$ і залежності аеродинамічної якості від коефіцієнту підйимальної сили $K = f(C_{ya})$ літака Су-27 без підвісок та з чотирма блоками Б-8М1 і двома ракетами Р-73 на кінцівках крил (результати порівнянь) [6, с. 76, 77; 9, с. 138...143];

результати експерименту похідної коефіцієнту підйимальної сили за кутом атаки C_{ya}^a , коефіцієнту сили лобового опору C_{xo} та максимальної аеродинамічної якості K_{max} для літака Су-27 без АЗУ та з чотирма блоками Б-8М1 і двома ракетами Р-73 на кінцівках крил (результати порівнянь) [6, с. 76, 77; 9, с. 138...143];

значення основних аеродинамічних коефіцієнтів літака Су-27 з варіантами озброєння №№ 1 та 3 наведено у таблиці 2.

Результати отриманих значень аеродинамічних коефіцієнтів, що наведено у табл. 1 та 2 підтверджують збільшення лобового опору літака Су-27 та, відповідно, зменшення його аеродинамічної якості при застосуванні розглянутих штатних АЗУ, саме варіантах 2 та 3 у порівнянні з літаком без підвісок [6, с. 75...80; 9, с. 139...143].

Таблиця 2

Основні аеродинамічні характеристики літака Су-27 з варіантами озброєння №№ 1, 3

Характеристика	Варіант 1	Варіант 3
C_{ya}^a , град ⁻¹	0,0707	0,0716
C_{xo}	0,0155	0,0239
K_{max}	11,47	8,72

Джерело: розроблено авторами за даними [6, с. 75...80; 9, с. 139...143].

Отримані за допомогою аеродинамічної труби АТ-1 експериментальні залежності аеродинамічних коефіцієнтів підйимальної сили від кута атаки $C_{ya} = f(a)$, аеродинамічної якості від коефіцієнту підйимальної сили $K = f(C_{ya})$ та полярів літака $C_{ya} = f(C_{xa})$ для варіантів з підвіскою одного контейнеру ОЕПС. Ці залежності наведено на рис. 1...3. Також для порівняння на цих рисунках наведено аналогічні залежності для літака Су-27 без АЗУ (варіант 1) з джерел [6, с. 76, 77; 9, с. 140, 141].

Аналіз графічних залежностей на рис.1 показує, що на малих кутах атаки значення C_{ya} для літаків Су-27 без АЗУ та Су-27 з контейнером ОЕПС практично однакові. З підвищенням кута атаки до 16° для варіанту літака Су-27 з контейнером ОЕПС значення C_{ya} збільшується по відношенню до літака Су-27 без АЗУ до 4...5,5%.

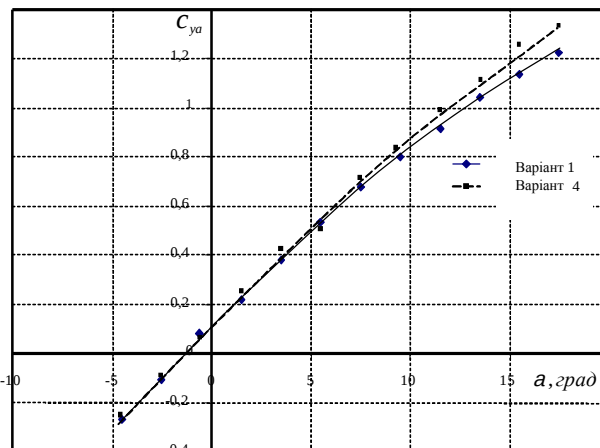


Рис. 1. Залежності $C_{ya} = f(a)$ для літака Су-27 без підвісок та з контейнером ОЕПС.
Джерело: розроблено авторами.

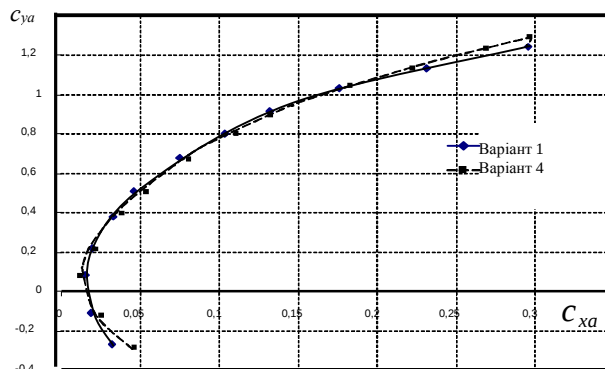


Рис. 2. Залежності $f(C_{xa})$ для літака Су-27 без підвісок та з контейнером ОЕПС.

Джерело: розроблено авторами.

Було проведено аналіз графічних залежностей (рис.1...3), який показує, що оснащення літака Су-27 контейнером ОЕПС у варіанті 4 не суттєво впливає на основні аеродинамічні коефіцієнти та похідну коефіцієнта підйимальної сили за кутом атаки C_{ya}^a порівняно з літаком без підвісок. Значення похідної C_{ya}^a літака Су-27 з контейнером ОЕПС має різницю з літаком без АЗУ до 3,7%. В табл. 3 наведені загальні розрахункові та експериментальні значення основних аеродинамічних характеристик літака Су-27 у варіанті з універсальними ПКПР надано.

Використання одного підвісного контейнеру ОЕПС на літаку Су-27 призводить до зростання лобового опору при нульовій підйимальній силі на 6,7 % (варіант 4) порівняно з відповідним опором

літака без підвісних АЗУ. Стосовно максимальної аеродинамічної якості слід зазначити, що її значення зменшується на 7,3% (варіант 4).

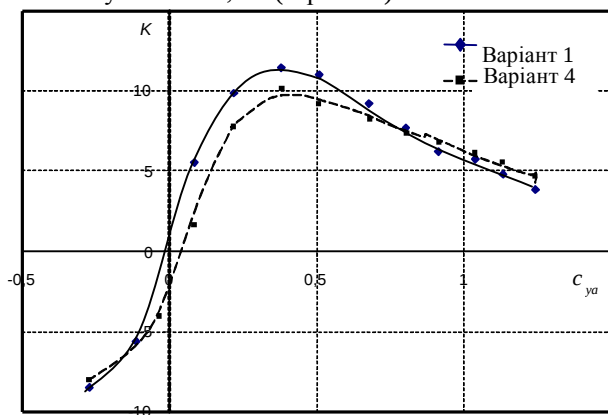


Рис. 3. Залежності $K = f(c_{ya})$ для літака Су-27: без підвісок та з контейнером ОЕПС.
Джерело: розроблено авторами.

Таблиця 3
Основні аеродинамічні характеристики літака Су-27 з варіантами озброєння №№ 1 та 4

Характеристика	Варіант 1	Варіант 4
c_y^a , град ⁻¹	0,0707	0,0721
c_{x0}	0,0155	0,0161
K_{max}	11,470	9,342

Джерело: розроблено авторами.

Висновки

Наведені результати досліджень на рис. 1...3 та дані в табл. 3 свідчать, що оснащення літака Су-27 одним контейнером ОЕПС практично не впливає на його несучі властивості. Цьому є свідчення значення похідної c_y^a , яка майже не змінюється. Незначне зростання лобового опору літака Су-27 з контейнером ОЕПС призводить до не суттєвого зменшення максимальної аеродинамічної якості по відношенню до літака без АЗУ.

Отримані результати наведених досліджень свідчать що найбільший приріст лобового опору при нульовій підймальній силі та значне зменшення аеродинамічної якості відповідає озброєнню літака Су-27 за штатним варіантом 4хБ8-М1+2Р-73, що відповідає варіанту 3. Лобовий опір при нульовій підймальній силі для варіанту озброєння літака Су-27 контейнером ОЕПС (варіант 4) на 15...18% менший ніж із варіантом 4хБ8-М1+2Р-73. При цьому аеродинамічна якість збільшується на 15...21% у порівнянні з варіантом 3.

Достовірність результатів, отриманих при випробуваннях моделі літака Су-27 з контейнером ОЕПС в аеродинамічній трубі АТ-1, забезпечується дотриманням параметрів подібності при проведенні експериментів та узгодженням отриманих результатів з відомими даними. Розходження у визначенні сумарних аеродинамічних характеристик – не більше 5,7 %.

Шляхи подальших досліджень. В подальшому планується результати експериментальних досліджень в аеродинамічній трубі АТ-1 моделі літака Су-27 з контейнером ОЕПС використати для розрахунку впливу контейнеру ОЕПС на льотно-технічні характеристики літака, а саме на тактичний радіус дії, дальність та тривалість його польоту.

З метою використання контейнерів ОЕПС розробки країн НАТО планується провести аналогічні експериментальні дослідження на базі аеродинамічного комплексу Державного науково-дослідного інституту авіації інших моделей літаків тактичної авіації, що стоять на озброєнні у західних країнах та США. Отримані зміни основних сумарних аеродинамічних коефіцієнтів буде використано для визначення впливу контейнеру ОЕПС на льотно-технічні характеристики тактичних літаків розробки країн НАТО, а саме: тактичний радіус дії, дальність та тривалість польоту.

Список літератури

1. Тараненко В.В. Сучасний стан розвитку та основні вимоги до перспективних оптико-електронних прицілних систем тактичних літаків ДНДІА.–2016. 3б. наук. праць, вип. 12 (19). – С.136–141.
2. Харченко О.В., Пашенко С.В., Тараненко В.В. шляхи оснащення літальних апаратів Збройних Сил України високоточними засобами ураження та методологічні аспекти їх розроблення // Наука і оборона. – № 3/4, 2015. – С.74–78.
3. Бобков А. БРЭО тактического истребителя F-16 // Зарубежное военное обозрение. – № 12. – 2007. – С. 50–57.
4. Карузов О. Начато серийное производство оптикоэлектронных прицельных систем для тактического истребителя F-35// Зарубежное военное обозрение. – № 1. – 2010. – С. 61.
5. Military Avionics Systems/ Ian Moir and Allan G. Seabridge. – 2006. – 520 p.
6. Скляр О.Г., Ермолаев І.Р., Діденко Ю.Л., Почерняева С.І. Експериментальні дослідження в аеродинамічній трубі АТ-1 моделі літака Су-27 з авіаційними ракетами класу “повітря-поверхня” ДНДІА.–2020. 3б. наук. праць, вип. 16 (23). – С.75–80.
7. Лемко О.Л., Майборода Д.В. Аналіз впливу місця розташування паливних баків, що скидаються, на аеродинамічні характеристики літака-винищувача // ДНДІА. –2002. 3б. наук. праць, вип. 5. – С. 77–82.
8. Сушак М.Б., Ватан М.І. Дослідження взаємодії несучих поверхонь з струменем реактивного двигуна в аеродинамічній трубі дозвукових швидкостей // ДНДІА. – 2002. 3б. наук. праць, вип. 5. – С. 88–94.

9. Складов О.Г., Діденко Ю.Л., Почерняєва С.І. Експериментальні дослідження моделі літака Су-27 з підвісним універсальним контейнером повітряної розвідки в аеродинамічній трубі АТ-1. ДНДІА.–2021. 36. наук. праць, вип. 17 (24). – С.139–143.

10. Самолет Су-27. Руководство по технической эксплуатации № 10. Книга 1 Основные характеристики, 1982. – 207 с.

11. Пенкхерст Р., Холдер Д. Техника эксперимента в аэродинамических трубах: Пер. с англ. – М.: Иностранная литература, 1955. – 657 с.

12. Руководство для конструкторов по проектированию самолетов // методика пересчета коэффициента сопротивления планера самолета, определенного в условиях испытаний в аэродинамических трубах, на натурные условия. М.: Изд-во ЦАГИ, 1978. – 74 с.

13. Горшенин Д.С., Мартынов А.К. Методы и задачи практической аэродинамики. М.: Машиностроение, 1977. – 240 с.

14. Горлин С.М. Экспериментальная аэродинамика. Учебное пособие для вузов. М.: "Высшая школа" 1970. – 283 с.

15. Кассандрова А.К., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, 1970. – 104 с.

Надійшла до редколегії 9.10.2022

Схвалена до друку 6.12.2022

Відомості про авторів:

Скляр Олександр Григорович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3836-1886>

Кумпаненко Володимир Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9001-8199>

Діденко Юрій Леонідович

старший науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0008-3892>

Information about the authors:

Oleksandr Sklyarov

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Leading Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3836-1886>

Volodymyr Kumpanenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Researcher
Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9001-8199>

Yuriy Didenko

Senior Researcher
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-0008-3892>

RESEARCH OF A TACTICAL AIRCRAFT MODEL WITH A PROSPECTIVE OPTIC-ELECTRONIC TARGETING CONTAINER IN THE AT-1 AERODYNAMIC TUBE

O. Sklyarov, V. Kumpanenko, Y. Didenko

In order to increase the combat capability of tactical aviation, the urgency of equipping them with a modern container of an optical-electronic sighting system was considered. The problem and ways to overcome it were defined. Based on the analysis of modern and promising containers of the optical-electronic sighting system, the technical characteristics of the container (shape and geometric characteristics) were determined for further research. To conduct the experiment, a model of the container of the optical-electronic sighting system and the Su-27 aircraft was developed. According to the results of experimental studies in the AT-1 wind tunnel of the aerodynamic complex of the State Research Institute of Aviation of the total aerodynamic characteristics of the Su-27 aircraft with the container of the optical-electronic sighting system, an analysis of its influence on the aerodynamic characteristics was carried out in relation to the aircraft without aviation weapons and with standard weapons. The reliability of the results obtained during the study of the model of the Su-27 aircraft with the container of the optical-electronic sighting system in the AT-1 wind tunnel was ensured by observing the parameters of similarity during the experiments and the agreement of the obtained results with known data. Based on the obtained results, further ways of research were determined, namely; the effect of the container of the optical-electronic sighting system on the flight characteristics of the Su-27 aircraft (tactical range, range and flight duration). Also, in the future, it is planned to conduct a study in the AT-1 wind tunnel of the impact of the container of the optical-electronic sighting system on the overall aerodynamic characteristics of the Su-25 and MiG-29 tactical aircraft.

Keywords: Su-27 aircraft, optical-electronic sighting system container, overall aerodynamic characteristics, experimental studies.