

О.Г. Складаров, В.М. Кумпаненко, С.І. Почерняєва

Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ В АЕРОДИНАМІЧНІЙ ТРУБІ АТ-1 ВПЛИВУ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА НА АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТАКТИЧНОГО БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ЛІТАКА

З метою забезпечення необхідних спроможностей авіації Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗСУ) розглянуто актуальність її оснащення сучасним багатофункціональним літаком з використанням авіаційних засобів ураження вітчизняного виробництва. В Україні вітчизняними підприємствами виконуються роботи з розроблення авіаційних засобів ураження різних типів та класів. У зв'язку із цим дослідження можливості оснащення тактичного багатофункціонального літака авіаційними засобами ураження вітчизняного виробництва та оцінка їх впливу на аеродинамічні та льотно-технічні характеристики багатофункціонального літака на сьогодні є вкрай актуальним. Для проведення експерименту було розроблено модель літака F-16. За результатами експериментальних досліджень в аеродинамічній трубі АТ-1 аеродинамічного комплексу Державного науково-дослідного інституту авіації сумарних аеродинамічних характеристик літака F-16 з авіаційними засобами ураження вітчизняного виробництва проведено аналіз їх впливу на аеродинамічні характеристики по відношенню до літака без авіаційних засобів ураження та зі штатним озброєнням. Достовірність результатів, отриманих при дослідженні моделі літака F-16 з авіаційними засобами ураження вітчизняного виробництва в аеродинамічній трубі АТ-1, забезпечувалось дотриманням параметрів подібності при проведенні експериментів та узгодженням отриманих результатів з відомими даними. На підставі отриманих результатів було визначено подальші шляхи досліджень, а саме вплив авіаційних засобів ураження вітчизняного виробництва на льотно-технічні характеристики літака F-16 (тактичний радіус дії, дальність і тривалість польоту).

Ключові слова: багатофункціональний літак F-16, авіаційні засоби ураження вітчизняного виробництва, сумарні аеродинамічні характеристики, експериментальні дослідження.

Вступ

Постановка проблеми. На озброєнні Збройних Сил України знаходяться тактичні літаки типу Су-24М, Су-25, Су-27 та МиГ-29, які використовуються для виконання завдань, покладених на авіацію Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗСУ).

Ці літаки було вироблено ще до 1991 року, включно із тими, що було надано західними країнами-партнерами для підтримки України проти збройної агресії росії. Їх бортове обладнання, прицільні системи, бортовий комплекс оборони, озброєння на сьогодні морально застаріли та за своїми тактико-технічними характеристиками (ТТХ) не задовольняють сучасним вимогам.

З метою забезпечення необхідних спроможностей авіації ПС ЗСУ щодо виконання бойових завдань вказані типи літаків дообладнуються для забезпечення застосування сучасних авіаційних засобів ураження (АЗУ) іноземного виробництва з мінімальними доробками літальних апаратів (ЛА) за рахунок високого рівня автономності нових АЗУ.

Крім того, на сьогодні на міжнародному рівні для забезпечення потреби України у сучасних бойових літаках у різних форматах вирішується питання щодо передачі Україні багатофункціонального літака (БФЛ) покоління 4++ типу F-16. Номенклатура АЗУ цього типу літака залежно від його модифікації дасть змогу вирішувати широке коло бойових завдань.

Разом з тим, в Україні вітчизняними підприємствами виконуються роботи з розроблення АЗУ різних типів та класів. У зв'язку із цим дослідження можливості оснащення перспективного багатофункціонального літака АЗУ вітчизняного виробництва та оцінка їх впливу на аеродинамічні та льотно-технічні характеристики (ЛТХ) БФЛ на сьогодні є вкрай актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні тактичні БФЛ, що знаходяться на озброєнні західних країн-партнерів України, їх ТТХ, недоліки та переваги, кількість, варіанти проаналізовані та наведені у літературі [1, с.5...21; 2, с.22...27; 3...7; 8, с. 11...710].

Використання АЗУ вітчизняного виробництва потребують вивчення їх впливу на аеродинамічні та ЛТХ БФЛ F-16. У цьому напрямі проводились, схожі за тематикою та сценарієм, дослідження впливу нового АЗУ на аеродинамічні та ЛТХ тактичних літаків, які стоять на озброєнні ПС ЗСУ. Деякі результати вищезазначених досліджень наведені у наступних публікаціях [9, с. 75...80; 10, с. 139...143; 11, с. 175...179].

Мета статті впливає з постановки проблеми та аналізу останніх досліджень і публікацій та є дослідження підйимальної сили та лобового опору моделі літака F-16 з АЗУ вітчизняного виробництва і визначення аеродинамічних коефіцієнтів цих сил для натурних умов з подальшим використанням для порівняння з даними зазначеного вище літака без АЗУ.

Виклад основного матеріалу

Дослідження здійснювались для літака F-16 [1, с. 10...17; 7] для трьох варіантів АЗУ, а саме: авіаційна керована ракета (АКР), створена на базі ракет РСЗВ типу Вільха“, АКР класу “повітря-корабель”, створених на базі протикорабельних ракет типу “Нептун” [12] та планеруючої керованої авіаційної бомби [13].

Дослідження проводились з метою вимірювання підйимальної сили та лобового опору моделі F-16 з АЗУ вітчизняного виробництва та подальше перерахування отриманих аеродинамічних коефіцієнтів цих сил до натурних умов. З метою підтвердження отриманих результатів в АТ-1 також проводились аналогічні дослідження моделі літака F-16 без АЗУ.

Результати експериментальних досліджень, що були отримані в аеродинамічній трубі АТ-1, приводились до натурних умов для $Re=1,67 \times 10^7$.

Для усіх варіантів озброєння літака F-16 попередня оцінка зміни аеродинамічних характеристик була виконана за методикою, що наведена у [14].

Експериментальні дослідження аеродинамічних характеристик літака F-16 на початку проводились без АЗУ. У подальшому досліджувався цей літак по чергово із трьома варіантами АЗУ вітчизняного виробництва на підвісних пристроях, найближчих до фюзеляжу.

Отримані в експерименті значення похідної коефіцієнту підйимальної сили за кутом атаки відрізнялись від відомих до 3,4 %, коефіцієнту сили лобового опору до 3,0 % та максимальної аеродинамічної якості K_{max} до 4,3 % для літака F-16 без АЗУ.

Далі проводилось порівняння параметрів $C_{x_{0F-16}}$, $C_{x_{0AZU}}$ та $C_{x_{0F-16+AZU}}$ з відовими значеннями [1, 9...11] та свідчить, що відсоток розбіжностей складає від 2,2 до 5,1 та задовольняє результатам, що отримані

експериментальним і теоретичним шляхами по відношенню до відомих.

Було виконано порівняння аеродинамічних коефіцієнтів, а саме коефіцієнту підйимальної сили C_{ya} та коефіцієнту лобового опору C_{xa} літака F-16 без АЗУ, відомих з [1] та результатів експериментальних досліджень, що були отримані в аеродинамічній трубі АТ-1. Розбіжності у значеннях складають до 5,0 %. Побудовані графіки 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 F-16 (з [1]) без АЗУ та експериментальної моделі літака без АЗУ. Розбіг значень не перевищує 4,2 %. Це дає змогу констатувати, що результати, які будуть отримані в експерименті з моделлю літака F-16 з АЗУ вітчизняного виробництва з великою вірогідністю будуть мати достовірні значення.

Результати експериментальних та теоретичних досліджень у подальшому використані для оцінювання впливу АЗУ вітчизняного виробництва на ТТХ літака F-16.

Через відсутність у відкритих засобах масової інформації даних аеродинамічних характеристик літака F-16 зі штатним озброєнням у дослідженнях не проводились порівняння із аеродинамічними характеристиками, отриманих у експерименті із АЗУ вітчизняного виробництва. Але на усіх графіках аеродинамічні характеристики та ТТХ літака F-16 з АЗУ вітчизняного виробництва порівнювались із відовими значеннями літака F-16 без АЗУ.

Порівняння основних аеродинамічних характеристик літака F-16 без АЗУ і з АЗУ вітчизняного виробництва було здійснено з урахуванням інтерференції між засобами ураження, пусковими пристроями (або балковими тримачами) та літаком.

Враховуючи наведене, для подальших досліджень було обрано проведення фізичного моделювання в аеродинамічній трубі АТ-1 для отримання підйимальної сили і лобового опору з подальшим їх перерахунком на натурні умови.

Отримані результати підтверджують збільшення лобового опору літака F-16 із АЗУ вітчизняного виробництва та, відповідно, зменшення його аеродинамічної якості по відношенню до літака F-16 без АЗУ.

На рис. 1...3 наведено 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 F-16 без АЗУ та з трьома варіантами АЗУ вітчизняного виробництва.

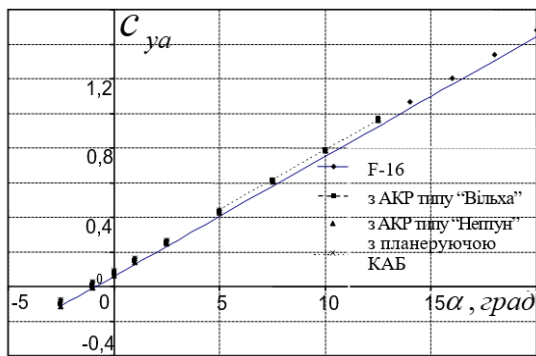


Рис. 1. Залежності $C_{ya} = f(\alpha)$ для літака F-16 без АЗУ та з АЗУ вітчизняного виробництва.
Джерело: розроблено авторами.

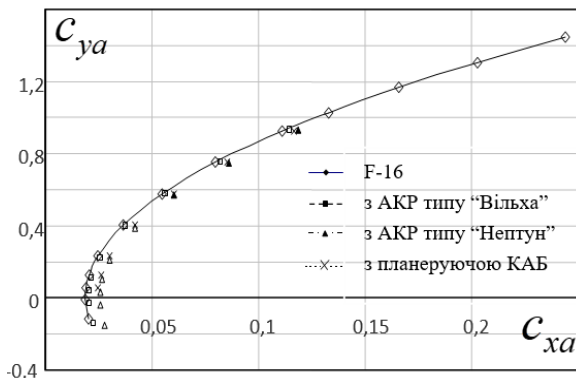


Рис. 2. Залежності $C_{ya} = f(C_{xa})$ для літака F-16 без АЗУ та з АЗУ вітчизняного виробництва.
Джерело: розроблено авторами.

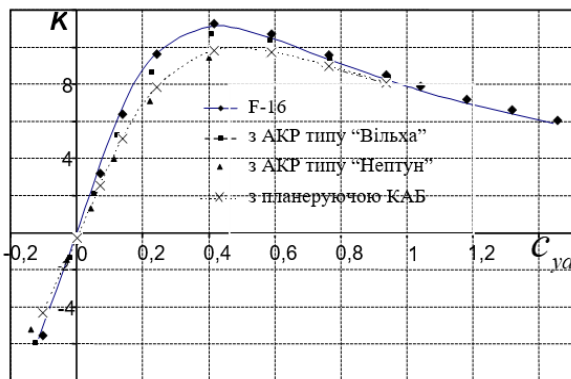


Рис. 3. Залежності $K = f(C_{ya})$ для літака F-16 без АЗУ та з АЗУ вітчизняного виробництва.
Джерело: розроблено авторами.

Аналіз графічних залежностей свідчить, що оснащення літака F-16 АЗУ вітчизняного виробництва не суттєво впливає на похідну коефіцієнта підйімної сили за кутом атаки C_{ya}^α порівняно з літаком без АЗУ.

Результати експерименту свідчать, що використання АЗУ вітчизняного виробництва на літаку F-16 призводить до зростання лобового опору при нульовій підйімній силі, а саме:

для варіанту з АКР типу "Вільха" на 10,2 % порівняно з опором літака без підвісних АЗУ, при

цьому максимальна аеродинамічна якість зменшується на 6,0 %;

для варіанту з АКР типу "Нептун" – на 36,4 % порівняно з опором літака без підвісних АЗУ, при цьому максимальна аеродинамічна якість зменшується на 16,4 %;

для варіанту з планеруючою КАБ – на 30,0 % порівняно з опором літака без підвісних АЗУ, при цьому максимальна аеродинамічна якість зменшується на 13,3 %.

Наведені результати експериментальних досліджень на рис. 1–3, показують, що оснащення літака F-16 двома АЗУ вітчизняного виробництва (АКР, створених на базі ракет РСЗВ типу "Вільха" або класу "повітря-корабель" типу "Нептун" або планеруючої КАБ) практично не впливає на його несучі властивості (похідна C_{ya}^α змінюється в межах 3,4 %), але призводить до незначного росту лобового опору до 3,0 %, що призводить до зменшення максимальної аеродинамічної якості до 2,0 %.

На рис. 4 та 5 наведено результати досліджень (у відсотках відносно варіанту без АЗУ) змін максимальної аеродинамічної якості та лобового опору при нульовій підйімній силі літаків з різними варіантами АЗУ. Отримані результати підтверджуються теоретичними розрахунками. Розбіжність результатів теоретичних та експериментальних досліджень моделі літака F-16 з відповідними варіантами АЗУ вітчизняного виробництва складає до 4,5 %. Ця розбіжність пояснюється тим, що при теоретичних розрахунках обчислювалась лише модель АЗУ (АКР, створених на базі РСЗВ типу "Вільха" або класу "повітря-корабель" типу "Нептун" або планеруючої КАБ) без врахування інтерференції з літаком.

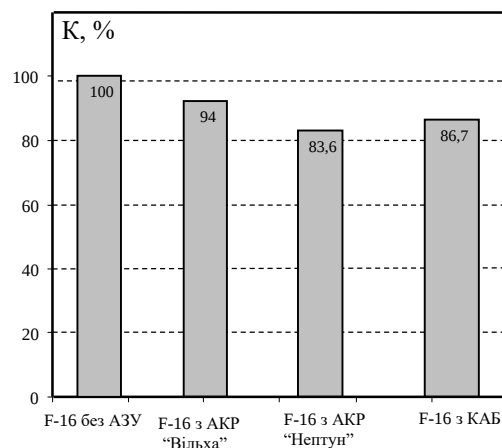


Рис. 4. Зміни максимальної аеродинамічної якості літака F-16 без АЗУ, з АКР типу "Вільха", з АКР типу "Нептун", з планеруючою КАБ.

Джерело: розроблено авторами.

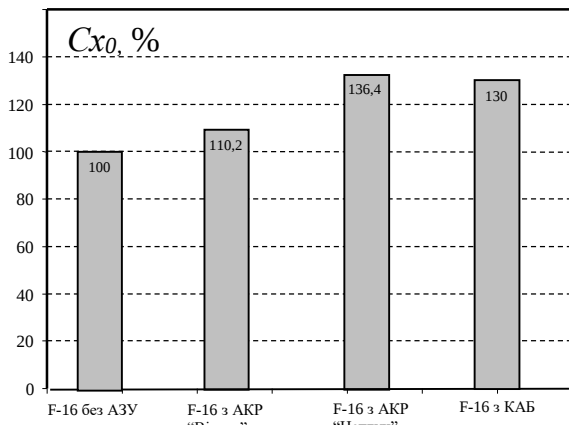


Рис. 5. Зміна коефіцієнту лобового опору при нульовій підймальній силі літака F-16 без АЗУ, з АКР типу "Вільха", з АКР типу "Нептун", з планеруючою КАБ.

Джерело: розроблено авторами.

Висновки

Результати досліджень, що наведені на рис. 1–3 та отримані значення похідної коефіцієнту підймальної сили за кутом атаки свідчать, що оснащення літака F-16 двома АЗУ вітчизняного виробництва практично не впливає на його несучі властивості. Цьому є свідчення значення похідної C_y^α , яка змінюється в межах 3...4,3 %. Незначне зростання лобового опору літака F-16 з двома АЗУ (з АКР типу "Вільха" або АКР типу "Нептун" або планеруючої КАБ) приводить до не суттєвого зменшення максимальної аеродинамічної якості по відношенню до літака без АЗУ.

За результатами експериментальних досліджень в аеродинамічній трубі АТ-1 зміни основних аеродинамічних коефіцієнтів тактичного літака F-16 при застосуванні двох АКР типу "Вільха" (або АКР типу "Нептун" або планеруючих КАБ) по відношенню до літака без АЗУ знаходяться у припустимих межах, що підтверджують і теоретичні розрахунки, а саме приріст лобового опору літака при нульовій підймальній силі з АКР типу "Вільха" у порівнянні

з відповідним опором літака без АЗУ складає 10,2 %, з АКР типу "Нептун" – 36,4 %, з планеруючою КАБ – 30,0 %, а зменшення максимальної аеродинамічної якості складає 6,0 % з АКР типу "Вільха", з АКР типу "Нептун" 16,4 %, з планеруючою КАБ 13,3 % відповідно.

Достовірність результатів, які було отримано експериментальним шляхом, при випробуванні моделі тактичного літака F-16 при озброєнні його двома АКР типу "Вільха" (або АКР типу "Нептун" або планеруючих КАБ) в аеродинамічній трубі АТ-1, забезпечувалось дотриманням параметрів подібності при проведенні експериментів та узгодженням отриманих результатів з відомими даними і результатами теоретичних досліджень. Розбіжність у визначенні коефіцієнтів підймальної сили та лобового опору моделі літака F-16 складає не більше 5,2 %.

Напрями подальших досліджень. Надалі планується результати експериментальних досліджень в аеродинамічній трубі АТ-1 моделі БФЛ F-16 з двома АКР типу "Вільха" або АКР типу "Нептун" або планеруючих КАБ використати для розрахунку впливу названих АЗУ вітчизняного виробництва на льотно-технічні характеристики літака, а саме на тактичний радіус дії, дальність та тривалість його польоту.

З метою використання АЗУ вітчизняного виробника планується провести аналогічні експериментальні дослідження на базі аеродинамічного комплексу Державного науково-дослідного інституту авіації інших моделей літаків тактичної авіації, що стоять на озброєнні у НАТО. У подальшому отримані зміни основних сумарних аеродинамічних коефіцієнтів буде використано для визначення впливу АЗУ вітчизняного виробника на льотно-технічні характеристики тактичних літаків, що стоять на озброєнні західних країн та США, а саме на тактичний радіус дії, дальність і тривалість польоту.

Список літератури

1. C.W.Smith, J.N.Ralston and H.W.Mann. Aerodynamic Characteristics of Forebody and Nose Strakes Based on F-16 Wind Tunnel Test Experience. – Texas: Fort Worth, 1979. – 139 с.
2. Saab JAS 39 Gripen. – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Saab_JAS_39_Gripen.
3. Ильин Владимир. Французский многоцелевой истребитель Dassault Aviation Rafale. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aviation-gb7.ru/Rafale.html>.
4. Винишувач. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/wynyschuwach>.
5. Dassault Aviation Rafale. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Rafale>.
6. Eurofighter Typhoon. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Eurofighter_Typhoon.
7. General Dynamics F-16 Fighting Falcon. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/General_Dynamics_F-16_Fighting_Falcon.
8. Энциклопедия военной авиации / Авт. – сост. Морозов В.П., Обухович В.А., Сидоренко С.И., Широкопад А.Б. – Мн.: Харвест, 2005. – 720 с.

9. Склярів О.Г., Єрмолаєв І.Р., Діденко Ю.Л., Почерняєва С.І. Експериментальні дослідження в аеродинамічній трубі АТ-1 моделі літака Су-27 з авіаційними ракетами класу “повітря-поверхня”. К.: ДНДІА. – 2020. 36. наук. праць, вип. 16 (23). – С. 75–80.

10. Склярів 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.

11. Склярів О.Г., Кумпаненко В.М., Діденко Ю.Л., Дослідження моделі тактичного літака з перспективним оптико-електронним прицілним контейнером в аеродинамічній трубі АТ-1. ДНДІА.-2022. 36. наук. праць, вип. 18 (25). – С. 175-179.

12. Нептун (крилата ракета). – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>.

13. Бомби JDAM – [Електрон. Ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/JDAM>.

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

Надійшла до редколегії 05.10.2023

Схвалена до друку 20.11.2023

Відомості про авторів:

Склярів 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
начальник науково-дослідної лабораторії
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9001-8199>

Почерняєва Світлана Ігорівна

науковий співробітник
Державного науково-дослідного інституту авіації,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2376-3604>

Information about the authors:

Sklyarov Oleksandr

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

Kumpanenko Volodymyr

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

Svitlana Pochernyaeva

Researcher Associate
of State Research Institute of Aviation,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2376-3604>

INVESTIGATION IN THE AT-1 AERODYNAMIC PIPE OF THE INFLUENCE OF DOMESTIC AVIATION EQUIPMENT IMPACT ON THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF A TACTICAL MULTIFUNCTIONAL AIRCRAFT

O. Sklyarov, V. Kumpanenko, S. Pochernyaeva

In order to ensure the necessary aviation capabilities of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine, the urgency of equipping it with a modern multi-functional aircraft using domestically produced air weapons was considered. In Ukraine, domestic enterprises carry out work on the development of aviation weapons of various types and classes. In this regard, the study of the possibility of equipping a tactical multi-functional aircraft with domestically produced air weapons and assessing their impact on the aerodynamic and flight-technical characteristics of a multi-functional aircraft is extremely relevant today. An F-16 aircraft model was developed for the experiment. 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 F-16 aircraft with domestically produced air defenses, an analysis of their influence on the aerodynamic characteristics in relation to the aircraft without air defenses and with standard weapons was carried out. The reliability of the results obtained during the study of the F-16 aircraft model with aviation means of destruction of the domestic manufacturer in the AT-1 wind tunnel was ensured by observing the parameters of similarity during the experiments and matching the obtained results with known data. Based on the obtained results, further ways of research were determined, namely; the impact of the domestic manufacturer's aircraft weapons on the flight characteristics of the F-16 aircraft (tactical range, range and flight duration).

Keywords: multifunctional F-16 aircraft, aviation means of defeat of domestic production, total aerodynamic characteristics, experimental studies.