

УДК 621.45.02.024

В.В. Логінов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБРИСУ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ БОЙОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

Наведено аналіз тенденцій формування технічного обрисів силової установки бойового літального апарату нового покоління. Наведено основні напрямки розвитку елементів авіаційної силової установки. Показано, що двигун змінюваного робочого процесу з широким регулюванням вузлів та інтегрований з планером літака має суттєві переваги порівняно з традиційною схемою двоконтурного двигуна. Комплексна інтеграція силової установки з планером літака обумовлює необхідність розробки інтегрованої автоматичної системи керування, яка дозволить керувати динамічними характеристиками літака з урахуванням взаємних зв'язків існуючих підсистем планера і силової установки. Виділені головні властивості винищувачів нового покоління.

Ключові слова: бойовий літак, покоління, технічний обрис, двигун, силова установка, літальний апарат.

Вступ

Розвиток військової авіації пов'язаний з науково-технічним прогресом, який визначається реальними можливостями держави та її потенціалом [1, 2]. Аналіз війн і збройних конфліктів початку XXI століття дозволяє припустити, що майбутні великомасштабні війни стануть війнами нового покоління, де вирішальна роль належатиме новим видам високоточної зброї [3]. Однак у найближчі 20-30 років завдання оперативного і тактичного плану будуть вирішуватися, в основному, бойовою авіацією [4].

Сучасні тенденції у розвитку військової авіації можна пояснити складними взаємопов'язаними факторами: висока вартість розробки і виробництва, проблеми переходу на нові види пального, нові конструкційні матеріали, нові комплекси озброєння та інші. Крім того, необхідно враховувати, що військова авіація залишиться рушійною силою технологічного лідерства для розвитку цивільної авіації [5].

Постановка задачі. У зв'язку з розробкою нових конструктивно-компонувальних схем ЛА і розширенням діапазону їх застосування актуальним є аналіз льотно-технічних характеристик нового ЛА та прогнозування інтеграційних властивостей його основних підсистем. Тому доцільно розглянути тенденції розвитку силової установки (СУ) ЛА [6].

Метою статті є формування технічного обрисів СУ бойового ЛА нового покоління з метою розробки або удосконалення науково-методичного апарату для проведення досліджень перспективних літаків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як відомо, застосування нових науково-технічних і експериментальних методів у створенні і розвитку бойової авіації є закритою темою. Однак у засобах масової інформації часто з'являються матеріали, які розкривають частину перспективних напрямків по ЛА нового покоління. Тому на основі відкритих матеріалів з різних джерел необхідно сформулювати основні напрямки по дослідженню СУ бойового ЛА

нового покоління. Поки впроваджуються в експлуатацію ЛА 5-го покоління, військово-технічні аналітики США формують перспективи розвитку нових авіаційних комплексів, які через 20 років змінять літаки F-22 і F-35 [7]. У 2016 році Пентагон планує почати бюджетне фінансування програми розробки літака 6-го покоління. Програми розробки винищувачів 6-го покоління у ВПС США отримали позначення F-X, у ВМС США – F/A-XX [7, 8]. Початковий етап створення винищувача буде вестися в рамках програми, що отримала позначення “авіакосмічної інноваційної ініціативи” – АІ (Aerospace Innovation Initiative), яка повинна гарантувати перевагу ВПС США після 2030 року, незважаючи на розробку бойових літаків 5-го покоління в Росії, Китаї, Франції і Японії [9]. Основними претендентами на проведення цих робіт є провідні аерокосмічні компанії Boeing і Lockheed Martin. Проекти літака передбачають розміщення високоекономічних двигунів і перспективної зброї, яку буде створено на нових фізичних принципах. Провідними західними компаніями, такими як General Electric і Pratt & Whitney, проводяться дослідження зі створення двигунів нового покоління [10, 11].

До відмінних рис бойових літаків 6-го покоління компанія Lockheed Martin віднесла принципово нові двигуни, матеріали, системи забезпечення енергією і зброєю. Винищувачі повинні бути швидше існуючих літаків 5-го покоління (рис. 1), володіти більшою дальністю польоту і рядом нових технологій, наприклад, “структурою матеріалу, яка самовідновлюється” та “багатоспектральною малопомітністю” [12].

Застосування композитних матеріалів в ЛА 6-го покоління дозволить значно знизити масу конструкції літака і тим самим збільшити корисне навантаження, а також зменшити помітність літака в радіолокаційному діапазоні довжин хвиль [12]. Волоконна оптика замінить велику кількість важких металевих дротів в інформаційних мережах ЛА. Перспективним є застосування нових матеріалів, які са-

мові відновлюються після отримання бойових пошкоджень і забезпечують ремонт конструкції планера,

наприклад, шляхом їх обволікання рідкою субстанцією і подальшим швидким затвердінням [13].

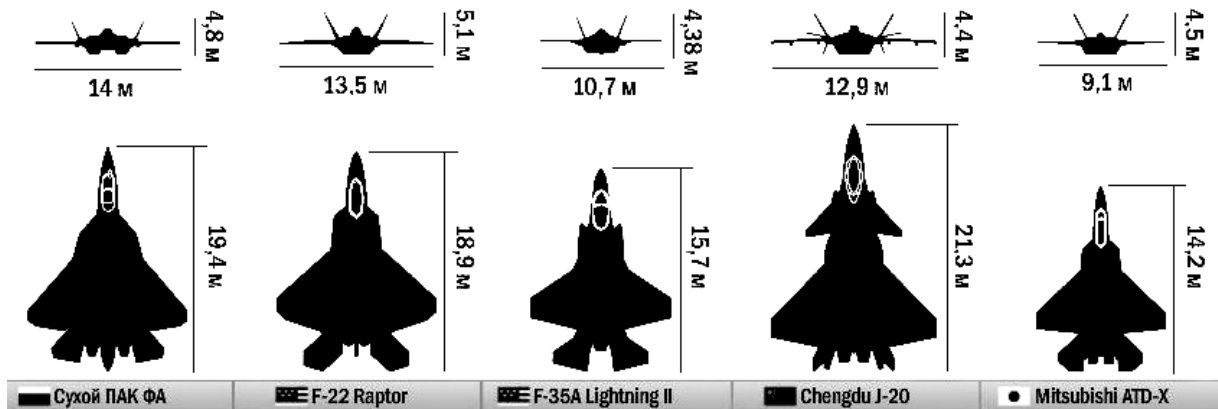


Рис. 1. Схеми літаків нового покоління.

Роботи зі створення літака 5-го покоління ПАК ФА Т-50 показали [14], що можливості майбутнього ЛА будуть обмежуватися фізіологічними можливостями пілота. Льотчик просто не здатний буде так швидко реагувати на дії машини і вносити необхідні корективи в польоті. Крім того, швидкості і переваження стали досягати такого рівня, що дуже важко забезпечити прийнятні умови життєзабезпечення в кабіні літака. Виходячи з цього, передбачається, що літак 6-го покоління буде безпілотним і стане еволюційним кроком вперед для військової авіації. Літак матиме абсолютно автономний штучний інтелект, управління яким не здійснюватиметься з центру управління безупинно, як у випадку сучасних безпілотних ЛА. При необхідності штучний інтелект буде самостійно знищувати цілі, після чого приступить до виконання закладеного оператором завдання. А у випадку, спроби перехопити управління винищувачем, штучний інтелект заблокує зовнішній канал управління і автоматично повернеться на базу або в “безпечну зону” [15].

Обов’язковою властивістю ЛА 6-го покоління буде здатність вести мережецентричні бойові дії, тобто функціонувати в єдиному інформаційному просторі зі своїми командними пунктами, іншими ЛА, що знаходяться в повітрі, а також з системами протиповітряної оборони, об’єктами Сухопутних військ і Військово-морських Сил, які беруть участь в операції. Передбачається, що за допомогою високорозвиненого комп’ютерного забезпечення окремий літак зможе стати локальним повітряним командним центром [16]. Після тривалих розробок і наступних успішних випробувань китайська авіабудівна корпорація Chengdu імовірно приступила до серійного виробництва перспективного винищувача 5-го покоління J-20 [17]. За роботи над ЛА відповідає Шеньянська корпорація авіаційної промисловості, що входить до складу китайської авіаційно-промислової корпорації AVIC. Крім цього, китайська авіаційна промисловість приступила до розробки винищувача 6-го покоління [17].

Перспективний японський винищувач 6-го покоління буде розроблений на базі концепції технологічного демонстратора ATD-X (Advanced Technology Demonstrator-X). Проект отримав позначення F-3. Дослідно-конструкторські роботи в рамках цього проекту планується почати в 2016-2017 роках, підняти перший прототип в повітря – в 2024-2025 роках, а почати серійне виробництво винищувача розраховують в 2027 році [18].

У проекті F-3 будуть втілені різні технології малопомітності (геометрична форма, пасивні електронні системи, радіопоглинальні і композиційні матеріали, особливе металеве напилення та інші), багаторежимний радар з активною фазованою антенною решіткою, оптико-волоконна система дистанційного керування з багаторазовим дублюванням каналів, система радіоелектронної боротьби та обміну інформацією. Найближчим часом основні зусилля планується приділити на розробку нових двигунів для літака і технології малопомітності [12, 13]. Найбільш вірогідним двигуном у складі силової установки в даний час розглядається реактивний двигун змінюваного циклу з адаптивною технологією (ADVENT). Його особливістю стане використання третього повітряного контуру, що дозволить підвищити тягу двигуна і одночасно знизити витрати палива [7].

Основна частина досліджень

Необхідно підкреслити, що сучасний етап розвитку бойових ЛА характеризується концептуальним пріоритетом захищеності, яка характеризується комплексом з чотирьох складових:

- скритність від виявлення в інфрачервоному, радіолокаційному, акустичному і оптичному діапазонах довжин хвиль;
- зрив виявлення, захоплення цілі і її супроводу при підготовці даних для застосування зброї та в процесі його супроводу наведення на ціль;
- відведення і знищення засобів ураження до їх впливу по ЛА;
- пасивний захист.

Слід зазначити, що у відповідь на вдосконалення Stealth-технологій не менш швидкими темпами розробляються складні та інноваційні контртехнології, які зводять до нуля всі отримані переваги. Подібні розробки ведуться у Великобританії, Франції, Німеччині та інших країнах, які орієнтовані на військово-технічне лідерство. Застосування контртехнологій свідчить про безперспективність військової авіації в більш віддаленому часу.

Таким чином, військово-технічними експертами виділяються головні властивості винищувачів нового покоління [18-25]:

- висока ефективність при ураженні повітряних, наземних, надводних і підводних цілей;
- здатність вести мережецентричні бойові дії;
- можливість польоту на надзвукових швидкостях без використання форсажного режиму;
- надманевреність;
- кардинальне зменшення помітності літака;
- здатність виробляти всеракурсний обстріл цілей у ближньому бою, також вести багатоканальну ракетну стрілянину при веденні бою на великій дальності;
- автоматизація керування бортовими інформаційними системами і системами перешкод;
- підвищена бойова автономність за рахунок установки в кабіні одномісного літака індикатора тактичної обстановки з можливістю мікшування інформації, а також використання систем телекодового обміну інформацією із зовнішніми джерелами;
- аеродинаміка і бортові системи повинні забезпечувати можливість конфігурації кутової орієнтації і траєкторії переміщення літака без яких-небудь відчутних запізнювань, не вимагаючи при цьому серйозної координації та узгодження рухів керуючих органів;
- літак повинен “пробачати” грубі помилки пілотування в широкому спектрі параметрів польоту;
- літак повинен бути оснащений автоматичною системою керування на рівні вирішення тактичних завдань, що має експертний режим “на допомогу льотчику”.

З урахуванням вищевикладеної інформації розглянемо основні тенденції створення СУ, інтегрованої з планером бойового ЛА.

Авіаційна СУ – ключова підсистема будь-якого ЛА, що визначає його льотно-технічні характеристики, безпеку, надійність, економічність, вартість експлуатації [7, 26, 27]. Загальна проблема інтеграції СУ і планера ЛА в силу своєї складності розділяється на безліч часткових завдань, які можна об'єднати в два великі блоки. Перший блок включає вибір схеми і основних проектних параметрів ЛА з його СУ. Другий блок включає всі складні завдання по інтеграції керування основними підсистемами. Завдання вибору проектних параметрів і законів управління ЛА з його СУ тісно взаємопов'язані, так як проектні параметри багато в чому визначають

характер необхідних законів керування і, навпаки, відповідним керуванням коригується неузгодженість характеристик елементів ЛА.

Інтегроване керування СУ ЛА є одним із аспектів системного підходу до проблеми проектування СУ, що полягає в розгляді її у якості підсистеми системи більш високого рівня – бойового ЛА. Мета інтегрованого управління полягає в більш глибокому використанні СУ на ЛА і кращої адаптації характеристик до завдань, що вирішуються в польоті [26, 28].

Одним із складних завдань інтеграції СУ і планера ЛА є аерогазодинамічна інтеграція. Під цим визначенням розуміється таке конструктивне поєднання елементів СУ і планера, при якому їх функції частково сполучаються, що забезпечує зниження маси і покращення характеристик ЛА в цілому. Спільний розгляд СУ та елементів планера впливає на вибір параметрів робочого процесу та схеми двигуна.

На відміну від звичайного дозвукового або надзвукового ЛА, то для гіперзвукового ЛА проблема інтеграції СУ і планера є принципово важливою. Тому конструктивне об'єднання елементів СУ і планера гіперзвукового ЛА вимагає особливого підходу до розрахунку аеродинамічних і тягових характеристик системи. Для отримання найбільш повних і достовірних інтегральних характеристик гіперзвукового ЛА необхідно розглядати планер і СУ як єдине ціле, оскільки поверхні стиснення і розширення ЛА є визначальними елементами, як в аеродинаміці планера, так і в термодинамічному циклі СУ. Їх інтеграція необхідна для оптимізації технічного обриса ЛА в цілому.

Одним з ключових елементів, що забезпечують створення ЛА 5-го та 6-го покоління, є двигун СУ. Грунтуючись на результатах робіт, що проводяться в даний час, закордонні виробники авіаційних двигунів, насамперед у США, приступили до робіт над проектами двигунів змінюваного робочого процесу (6-го покоління) для військової авіації [7, 8, 22, 27], введення в експлуатацію яких очікується не раніше 2025-2030 років. Ці двигуни будуть максимально інтегровані з планером ЛА і за своїми показниками суттєво перевершують введені в експлуатацію двигуни 5-го покоління. Застосовувані в них технології будуть спрямовані не тільки на підвищення параметрів робочого процесу і поліпшення вагової ефективності конструкції, але і на зниження всіх складових вартості життєвого циклу двигуна.

Однак реалізація цих переваг потребує ускладнення конструктивної схеми системи автоматичного регулювання та відпрацювання нових технологій, зазначених вище, робота по яким у США проводиться більше 15 років. Концептуальне дослідження перспективного двигуна проведене компаніями Boeing, General Electric, Lockheed Martin, Nortrop Grumman, Pratt & Whitney і Rolls-Royce показало [11, 19-21], що створення адаптивного трьохконтурного двигуна дозволить значно поліпшити паливну ефективність. Цей ефект можливо порівняти з пере-

ходом від турбореактивного одноконтурного двигуна до двоконтурного двигуна. Сучасний авіаційний двигун буде характеризуватися:

- істотно меншою кількістю деталей;
- зниженням питомої ваги на 20...30 %;
- зниженням питомої витрати палива на форсажному режимі на 15...20 %;
- збільшенням лобової тяги на 20 %;
- істотним поліпшенням експлуатаційних характеристик (ресурс складає ~ 50...100 % ресурсу планера, надійність на 60...80 % вище, ніж у попередників, трудомісткість технічного обслуговування приблизно в 2...3 рази менше, вартість життєвого циклу приблизно в 1,3 рази менше).

Такий двигун буде не двигуном минулого покоління, що вичерпав свій потенціал модернізації, а абсолютно новим двигуном, здатним забезпечити подальший розвиток бойових ЛА на кілька десятиліть вперед. Наявність ефективної СУ забезпечує досягнення високих льотно-технічних характеристик бойового ЛА. Застосування двигуна змінюваного робочого процесу з високим рівнем параметрів у складі СУ, інтегрованої з планером, дозволить створити багатоцільові ЛА, що володіють оптимальними характеристиками в різних умовах польоту. При розробці двигуна для бойового ЛА повинні бути відпрацьовані наступні технології:

- високотемпературні турбіни з регульованими лопатками СА ($T_{г\max}^* = 2100...2200$ К), що забезпечують високу ефективність у широкому діапазоні зміни витрати газу і потужності;
- високоефективні вентилятори зі змінним ступенем підвищення тиску;
- високонавантажений компресор з температурою на виході до $T_{к\max}^* = 1030$ К, що забезпечують зміну в широкому діапазоні витрати повітря і ступеня підвищення тиску ($\pi_{к\Sigma}^* = 40...70$);
- механічні системи, що забезпечують зміну в широкому діапазоні ступеня двоконтурності та відбір повітря на збільшення підйомної сили;
- оптимальне вироблення і розподіл енергії на охолодження конструкції як двигуна, так і елементів планера ЛА;
- електричні приводи систем двигуна і ЛА;
- інтелектуальна автоматична система регулювання, що адаптує до зовнішніх умов і технічного стану;
- деталі та вузли з композитних матеріалів, в тому числі на керамічній матриці;
- поліпшення інтеграції повітрязабірника і сопла з планером ЛА.

Інтегрована компоновка СУ забезпечить вимоги малої помітності та розміщення теплообмінників і інших компонентів системи охолодження СУ і елементів планера ЛА.

Таким чином, адаптивний двигун з широким регулюванням вузлів та інтегрований з ЛА при застосуванні на багаторежимних літаках з великим

радіусом дії має суттєві переваги порівняно з традиційною схемою двоконтурного двигуна. Цей двигун дозволяє зменшити витрати палива літаків різного призначення до 35 %, збільшити радіус дії на 40...60 % і час баражування на 20...25 %. Ці переваги забезпечуються широким регулюванням вузлів з метою зміни в широких межах ступеня двоконтурності при збереженні високих температур газу перед турбіною. Крім того, третій контур дозволяє забезпечити оптимальне теплове регулювання інтегрованої системи охолодження СУ і елементів літака, низький рівень помітності, а також відбори повітря на поліпшення аеродинамічних характеристик літака. При раціональному регулюванні буде підтримуватись постійна витрата повітря на вході в двигун при його дроселюванні і, тим самим, знизиться лобовий опір повітрязабірника і сопла [7]. СУ надзвукового літака нового покоління має такі особливості:

- застосування як регульованих, так і нерегульованих надзвукових повітрязабірників;
- зниження ролі форсажу (у порівнянні з літаками-винищувачами 4-го покоління), оскільки надзвукова крейсерська швидкість польоту досягається на безфорсажному режимі роботи двигунів;
- змінюваний вектор тяги двигунів для забезпечення надманевреності, поліпшення злітно-посадочних характеристик;
- радикальне зниження помітності повітрязабірника і вихідного пристрою двигуна в інфрачервоному і радіолокаційному діапазонах хвиль.

При цьому, до повітрязабірника надзвукового ЛА пред'являється ряд вимог:

- забезпечення стійкої роботи двигуна;
- перетворення швидкісного напору в тиск перед компресором з мінімальними втратами;
- зниження лобового опору повітрязабірника на надзвукових швидкостях польоту.

Ступінь досконалості реактивних сопел і можливість задоволення пред'явлених до них вимог можуть істотно вплинути на ефективність всього ЛА в цілому. Так, маса реактивного сопла ТРДДФ може становити 20-30 % маси двигуна, а втрати ефективної тяги на трансзвуковій швидкості польоту можуть перевищувати 20 % тяги двигуна. Відхилення вектора тяги надає літаку нову властивість (надзвукову швидкість і можливість маневрувати при $M > 1$), при цьому, забезпечує йому перевагу і на традиційних режимах. До цих переваг можна віднести:

- поліпшення маневреності і стійкості літака, здатність забезпечити більшу величину коефіцієнта підйомної сили при невеликих швидкостях польоту за рахунок відхилення вектора тяги сопла;
- зменшення опору на крейсерських режимах польоту при дозвуковій і надзвуковій швидкості польоту внаслідок більш вигідного поєднання плоских сопел з планером літака для дводвигунової компоновки у порівнянні з вісесиметричними соплами;
- поліпшення точності стрільби;

– зменшення інфрачервоного випромінювання і радіолокаційної помітності.

Основними джерелами інфрачервоного випромінювання ЛА є:

- турбіни і сопла турбореактивних двигунів;
- реактивний струмінь.

Найбільш важливий з цих джерел – гарячі частини реактивного двигуна (турбіна і сопло). Випромінювання струменя зосереджено, головним чином, в спектральних областях випромінювання основних продуктів згоряння – парів води і вуглекислого газу. Отже, інфрачервоне випромінювання ЛА визначається розподілом абсолютних значень температури, оптичними характеристиками його елементів, геометрією сопла і концентрацією продуктів згоряння. Тому існують основні принципи конструювання ЛА з малим інфрачервоним випромінюванням в умовах спостереження їх оптико-електронними системами, що працюють в інфрачервоній області спектру [3, 12]:

1. Зміна параметрів циклу двигуна, що веде до поліпшення теплового коефіцієнту корисної дії та знижує рівень інфрачервоного випромінювання.

2. Збільшення ступеня двоконтурності. Величина ступеню двоконтурності підставляється у показник інфрачервоної помітності, який збільшується у разі перерозмірених повітрязабірників СУ. Використовуються схеми двоконтурного двигуна без змішування потоків (F-22A) і використання надлишкового повітря для охолодження елементів сопла двигунів з метою зменшення інфрачервоної помітності (F-117A).

3. Відмова від використання форсажного режиму двигуна на крейсерських режимах надзвукового польоту, що пов'язано зі зростанням інфрачервоного випромінювання при використанні форсажного режиму, який більший, ніж приріст тяги.

4. Спеціальна форма сопла двигуна.

5. Конструктивно-компонувальні рішення щодо зниження випромінювання двигуна.

Комплексна інтеграція повітрязабірників, двигунів і вихідних пристроїв СУ з планером ЛА обумовлює необхідність розробки інтегрованої системи автоматичного керування (САК), яка дозволить керувати динамічними характеристиками ЛА з урахуванням взаємних зв'язків існуючих підсистем планера і СУ. При розробці системи керування режимами польоту бойового ЛА розглядається наступна концепція створення САК для бойових літаків:

– висока ефективність, надійність, виживаність, у тому числі, в умовах застосування зброї на нових фізичних принципах;

– розподілена архітектура електронного обладнання;

– гібридні приводи поверхонь керування з силовим гідравлічним і електричним живленням;

– автономні приводи поверхонь керування з силовим електричним живленням і централізованою системою електропостачання.

При розробці системи керування двигуна для бойового безпілотного ЛА мають бути відпрацьовані такі технології [26, 27]:

– цифрова електроніка з повною відповідальністю, що забезпечує постійну роботу засобів поліпшення стійкості і керованості;

– раціональне поєднання традиційних електричних і перспективних оптичних ліній зв'язку між пристроєм керування приводом і віддаленим блоком керування приводом у складній електромагнітній обстановці;

– раціональне поєднання гідравлічних, електричних і гібридних приводів основних поверхонь керування;

– електромеханічні приводи для епізодичних навантажень.

Наведено основні напрямки розвитку САК авіаційними СУ: розвиток теорії автоматичного керування авіаційними СУ; інтелектуальний авіаційний газотурбінний двигун (ГТД); бортова математична модель ГТД у складі САК; системи “електричного” ГТД; розподілена система керування ГТД; бездротова система керування і контролю ГТД; керування “електричною” СУ для літаків та вертольотів.

Висновки по дослідженню

Таким чином, на основі аналітичного матеріалу виділяється основний напрямок створення СУ для бойового ЛА нового покоління, який передбачає системний підхід з новою концепцією та методологією. Одним із ключових елементів, що забезпечує створення ЛА 6-го покоління, є двигун СУ. Застосування двигуна змінюваного робочого процесу з високим рівнем параметрів у складі СУ, яка інтегрована з планером, дозволить одержати оптимальні характеристики ЛА в різних умовах польоту.

Для дослідження перспективних СУ бойових літаків необхідно використовувати нові теоретичні підходи (методи), які припускають знання принципів формування структури багаторівневої інформаційної системи. Такі методи будуються на основі системно-цільової реалізації головних принципів конструювання СУ та планеру ЛА у мережі постійного інформаційного обміну.

Список літератури

1. Кузык, Б.Н. *Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование [Текст] / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – М.: Экономика, 2011. – 604 с.*
2. *U.S. Air Force strategic deterrence analytic capabilities: An assessment of tools, methods, and approaches for the 21st century security environment [Text]. – National research council of the National academies. – Washington: National academies press. -2014. – 157 p.*
3. *Системы управления вооружением истребителей: Основы интеллекта многофункционального самолета [Текст] / Л.Е. Баханов, А.Н. Давыдов, В.Н. Корниенко и др. –М.: Машиностроение, 2005. – 400 с.*

4. История создания и развития вооружений и военной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bastion-karpenko.ru/index>.

5. Скибин В.А. Работы ведущих авиадвигательных компаний в обеспечении создания перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор) [Текст] / В.А. Скибин, В.И. Солонин, В.А. Палкин; под общей ред. В.А. Скибина. – М.: ЦИАМ, 2010. – 678 с.

6. Бензекейн М. Дж. Стратегия развития силовых установок в 21-м веке – взгляд в будущее / М. Дж. Бензекейн. – США, Огайо: Дженерал Электрик, 2002. – 40 с.

7. A review of United States Air Force and Department of Defense Aerospace propulsion needs [Text]. – National research council of the National academies. – Washington: National academies press. -2006. – 289 p.

8. Sixth generation fighter aircraft: rise of the F/A-XX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airforce-technology.com/features>.

9. World Air Forces 2015. Special report. / Flight International. – Flightglobal insight, 2015. – 36 p.

10. Володин В.В. Формирование облика боевых самолетов и системный анализ: методический, практический и исторический аспекты [Текст] / В.В. Володин // Полет. – № 5, 2011. – С. 10-19.

11. F135 Engine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pratt-whitney.com/F135_Engine.

12. Вожадаев В.В. Исследование радиолокационных и аэродинамических характеристик ЛА малоотражающих форм / В.В. Вожадаев // Полет. – 2011. – № 5. – С. 44-51.

13. Spick M. The Great Book of Modern Warplanes / M. Spick. – St. Paul, MN: MBI Publishing. – 2000. – 753 p.

14. Военная авиация. ПАО Компания «Сухой» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sukhoi.org/planes/military>.

15. Top 10 advanced fighter aircraft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airforce-technology.com/features>.

16. F-35 Ejection Seat Weight Restrictions Extended [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aero-news.net/index.cfm?do=main>.

17. Китай испытал серийную версию истребителя J-20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vpk.name/news/147452_kitai_ispyital_seriiuyu_versiyu_istrebiteleya_j20.html.

18. Gunston, Bill. Jane's All the World's Aircraft : development & production : 2015-16. [Text] / Bill Gunston. - IHS Global. – 2015. – 1221 p.

19. F119 Engine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pratt-whitney.com/F119_Engine.

20. Military Aviation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/MilitaryAviation/Pages/default.aspx>.

21. Sky-X Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alenia-aeronautica.it>.

22. Broad expertise, integrated systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.boeing.com/defense>.

23. Integrated live virtual and constructive training [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.boeing.com/defense/training/integrated-live-virtual-and-constructive-training/index.page>.

24. Future by Airbus [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airbus.com/innovation/future-by-airbus>.

25. The Eurofighter Typhoon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurofighter.com/the-aircraft>.

26. Фалалеев С.В. Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов [Электронный ресурс] / С.В. Фалалеев; Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П.Королева (Нац. исслед. ун-т) – Электрон. тестовые и граф. дан. (5,15 Мбайт) - Самара, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

27. Gunston, Bill. Jane's Aero-Engines [Text] / Bill Gunston // Edited by Bill Gunston OBE, FRAeS, March, 2013. – 990 p.

28. Mattingly, Jack D. Aircraft engine design [Text] / Jack D. Mattingly, William H. Heiser, David T. Pratt. 2nd ed. // AIAA education series, 2002. – 691 p.

Надійшла до редколегії 15.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Б. Леонтьев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ БОЕВОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.В. Логинов

В статье приведен анализ тенденций формирования технического облика силовой установки боевого летательного аппарата нового поколения. Приведены основные направления развития элементов авиационной силовой установки. Показано, что двигатель изменяемого рабочего процесса с широким регулированием узлов и интегрирован с планером самолета имеет существенные преимущества по сравнению с традиционной схемой двухконтурного двигателя. Комплексная интеграция силовой установки с планером самолета обуславливает необходимость разработки интегрированной автоматической системы управления, которая позволит управлять динамическими характеристиками самолета с учетом взаимных связей существующих подсистем планера и силовой установки. Выделены главные свойства истребителей нового поколения.

Ключевые слова: боевой самолет, поколения, технический облик, двигатель, силовая установка, летательный аппарат.

ANALYSIS OF THE TRENDS FORMING TECHNICAL APPEARANCE OF THE POWER PLANT COMBAT AIRCRAFT OF NEW GENERATION

V.V. Loginov

The article analyzes the trends forming the technical appearance of the power plant of combat aircraft the new generation. The main directions of development of the aviation elements of the power plant. It is shown that the motor is a variable working process with a wide regulation components and integrated with the airframe has significant advantages over the traditional scheme of a bypass engine. Complete integration of the power plant to the airframe makes it necessary to develop an integrated automatic control system, which will manage the dynamic characteristics of the aircraft taking into account the mutual relations existing subsystems, airframe and powerplant. Identify the main properties of the fighters of the new generation.

Keywords: combat aircraft, generation, technical appearance, engine, power plant, aircraft.