

УДК 629.735.036 (045.05)

doi: 10.32620/aktt.2020.8.02

С. О. ДМИТРІЄВ, О. Ю. СУРОВЦЕВ

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

АЛГОРИТМ ІНТЕГРАЦІЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ЛІТАКІВ СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ

Виконано дослідження щодо інтеграції силової установки пасажирських літаків середньої дальності. Розглянуто архітектуру системи силової установки та системний підхід до проектування силової установки. Запропоновано блочний поділ розв'язуваних проблем - пов'язаних з вибором схем і основних проектних параметрів повітряних суден з його силовою установкою та інтеграції управління. Розглянуто вплив силової установки і елементів планера на вибір параметрів робочого процесу і схеми двигуна на технологічно-конструктивному рівні. Розглянуто модель дослідження принципу залежності характеристик руху пасажирського повітряного судна від рівня інтеграції характеристик його силової установки. На основі вказаної моделі запропоновано алгоритм щодо підвищення ефективності інтеграції силової установки пасажирських літаків середньої дальності. В дослідженні акцентується увага на розгляді повітряного судна, як складної та високоефективної системи, що містить в собі підсистеми та компоненти. Відповідно предметна область дослідження носить багатогранний комплексний характер і подається з урахуванням технологічної еволюції повітряних пасажирських перевезень, яка вже досягла досить високого ступеню розвитку існуючої системної архітектури. Підхід до інтеграції характеристик силової установки пасажирських повітряних суден зводиться до різноаспектного систематичного врахування вимог ІКАО які висуваються до пасажирських повітряних суден, а також вимог, щодо їх сертифікації. Розглянуто аспекти сучасних наукових досліджень, які проводяться в області моделювання синтезу інтеграції характеристик силової установки та відповідно розробляються з врахуванням технологічно-дизайнерських рішень щодо вдосконалення загальної архітектури системи в ракурсі системи силової установки. На основі розрахунків розробленого алгоритму представлено результати моделювання інтеграції в межах врахування аеродинамічної конструкції пасажирського повітряного судна, компресорів і турбін. Наводиться діаграма ефективності інтеграції силової установки пасажирських літаків середньої дальності. В ході дослідження наочно продемонстровано, що на технологічно-конструктивному рівні узагальнено-об'єднаний розгляд силової установки і елементів планера відповідно впливає на вибір параметрів робочого процесу і схеми двигуна.

Ключові слова: повітряне судно; силова установка; авіаційний двигун; аерогазодинамічна інтеграція; інтегроване управління.

Вступ

Повітряне судно (ПС) можна розглядати як складну та високоефективну систему, що містить в собі підсистеми та компоненти. Вдосконалюючи ці складові, авіаконструктори мають можливість забезпечити гармонічну оптимізацію мінімізації ваги ПС та їхнього рентабельного енергоспоживання.

Розглянута в роботі предметна область подається з урахуванням технологічної еволюції повітряних пасажирських перевезень, яка вже досягла досить високого ступеню розвитку існуючої системної архітектури.

В цьому аспекті, підхід до інтеграції характеристик силової установки (СУ) пасажирських ПС носить комплексний характер, що враховує різні системні рівні та дотримання вимог: продуктивних, економічних та екологічних, які висуваються ІКАО до пасажирських ПС, а також вимог, щодо сертифікації пасажирських ПС.

Сучасні наукові дослідження, що проводяться в області моделювання синтезу інтеграції характеристик силової установки та розробляють технологічно-дизайнерські рішення щодо вдосконалення загальної архітектури системи СУ й підвищення рівня технологічності СУ, мають також підвищувати економічну рентабельність та екологічну ефективність. Безсумнівно, що революційні дизайнерські підходи та радикальні технологічні концепції, призводять до суттєвої складності систем та здорожчення ПС, що призводить до певних обмежень дизайнерських технічних рішень.

Також варто зазначити, що сучасні технологічні тенденції, направлені на забезпечення безпеки експлуатації ПС та підвищення їх економічної рентабельності.

Метою даної роботи Розробити алгоритм щодо підвищення ефективності інтеграції силової установки пасажирських літаків середньої дальності [1 – 3].

1. Постановка задачі

В багатьох сучасних наукових працях СУ виступає однією з двох головних підсистем технологічного управління ПС (роль другої підсистеми відводиться виключно планеру ПС) [1].

Безпосередньо враховуючи фундаментально-систематичні особливості генезису авіаційної техніки, нині в аспектах її конструювання суттєво зросла потреба, щодо проведення інтеграції СУ із відповідним врахуванням складності технологічних процесів, що в свою чергу потребує проведення більш детального наукового дослідження, в рамках окреслення технологічно-методичного базису процесу узгодження характеристик СУ з двигуном і ПС [2].

В науковій подачі, на елементарному рівні виходячи з засад узгодження характеристик елементів СУ і літальних апаратів (ЛІА), досить доцільно репрезентування об'єднання двох досить великих блоків, віднісши до одного з них проблеми, пов'язані з вибором схеми і основних проектних параметрів ПС з його СУ, а до іншого блоку – проблеми інтеграції управління.

Виходячи з вище зазначених засад інтегроване управління (ІУ) силової установки ПС виступає одним з аспектів системного підходу до проблеми проектування СУ, що відповідно полягає в розгляді її, як підсистеми системи більш високого рівня – повітряного судна.

1. Аспекти системного підходу до проблеми проектування силової

Цільове призначення інтегрованого управління зводиться до досить деталізованого окреслення використання СУ та забезпечення поліпшення адаптації характеристик до завдань управління (ЗУ), що вирішуються в польоті. Завдання управління складаються у відповідності до елементів СУ, поліпшення прийомистості двигуна, використанні повороту вектора тяги сопла для підвищення маневреності ПС, адаптації управління елементів СУ відповідно до змін умов експлуатації (наприклад, збурень повітря на вході в двигун).

Нині, для комплексного вирішення ЗУ науковцями пропонується застосування досить суттєвої кількості методологій на основі, яких розроблені десятки спеціальних математичних моделей, котрі описують рух літака (як матеріальної точки і матеріального тіла – з урахуванням не тільки сил, але і моментів сил), динамічна модель силової установки на сталих і перехідних режимах, модель системи регулювання СУ, а також методи оптимізації [2].

Одним з аспектів інтеграції СУ і ПС по праву виступає забезпечення процесу аерогазодинамічної інтеграції, де під цим визначенням розуміється таке конструктивне об'єднання елементів СУ і планера, при якому їх функції частково поєднуються, що забезпечує зниження маси і поліпшення характеристик повітряного судна в цілому.

На технологічно-конструктивному рівні узагальнено-об'єднаний розгляд СУ і елементів планера відповідно впливає на вибір параметрів робочого процесу і схеми двигуна.

Детальний аналіз фахових робіт присвячених висвітленню питань пов'язаних з розумінням поняття інтеграція характеристик силової установки наочно продемонстрував, що науковці по різному підходять до окреслення тлумачення поняття «інтеграція», котре із наукових позицій зводиться до розширеного розуміння аспектів піднятого питання в залежності від спектру рішення висунутих науковцями спеціальних задач.

В даному руслі наукового розуміння О. К. Югова та О. Д. Селіванова [4] зводять базисну подачу усвідомлення проблематики інтеграції ПС і двигуна до принципового наукового окреслення спектральності визначення значення двигуна в системі «ПС –двигун» з допомогою прямих і обернених задач.

2. Алгоритм візуалізації підходу інтеграції розмірів концептуальної конструкції пасажирського ПС

Візуалізація досліджуваної оптимізованої схеми інформування про стан внутрішнього потоку в межах інформації модуля ваги із врахуванням дизайну пасажирського ПС в межах інтеграції СУ наводиться на рис. 1.

На рис. 2 наводиться візуалізація концептуальної розробки запропонованого механізму реалізації дисциплінарно-орієнтованої інтеграції аспектів системи руху в ПС із врахуванням СУ.

На рис. 3 наводиться алгоритм візуалізації підходу інтеграції розмірів концептуальної конструкції пасажирського ПС в рамках спрощеного структурного нелінійного аналізу для розмірів пасажирського ПС та тяги двигуна.

На рис. 4 наводиться алгоритм візуалізації процесу розрахунку конструкції двигуна пасажирського ПС, що використовується в дизайні GasTurb.

Як видно, на технологічно-конструктивному рівні узагальнено-об'єднаний розгляд СУ і елементів планера відповідно впливає на вибір параметрів робочого процесу і схеми двигуна.

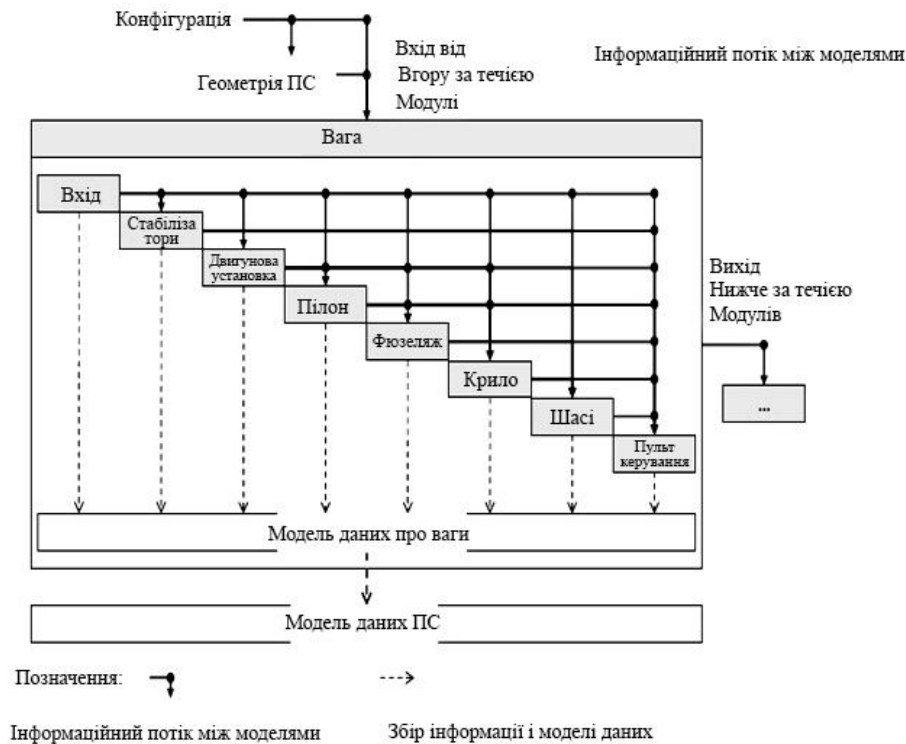


Рис. 1. Оптимізована схема інформування про стан внутрішнього потоку в межах інформації модуля ваги із врахуванням дизайну пасажирського ПС в межах інтеграції СУ

На рис. 5 наводяться результати моделювання інтеграції в межах врахування аеродинамічної конструкції пасажирського ПС та компресорів (зліва) і турбін (праворуч) на основі розрахунків розробленого алгоритму.

На рис. 6 наводиться діаграма ефективності інтеграції СУ пасажирських літаків середньої дальності.

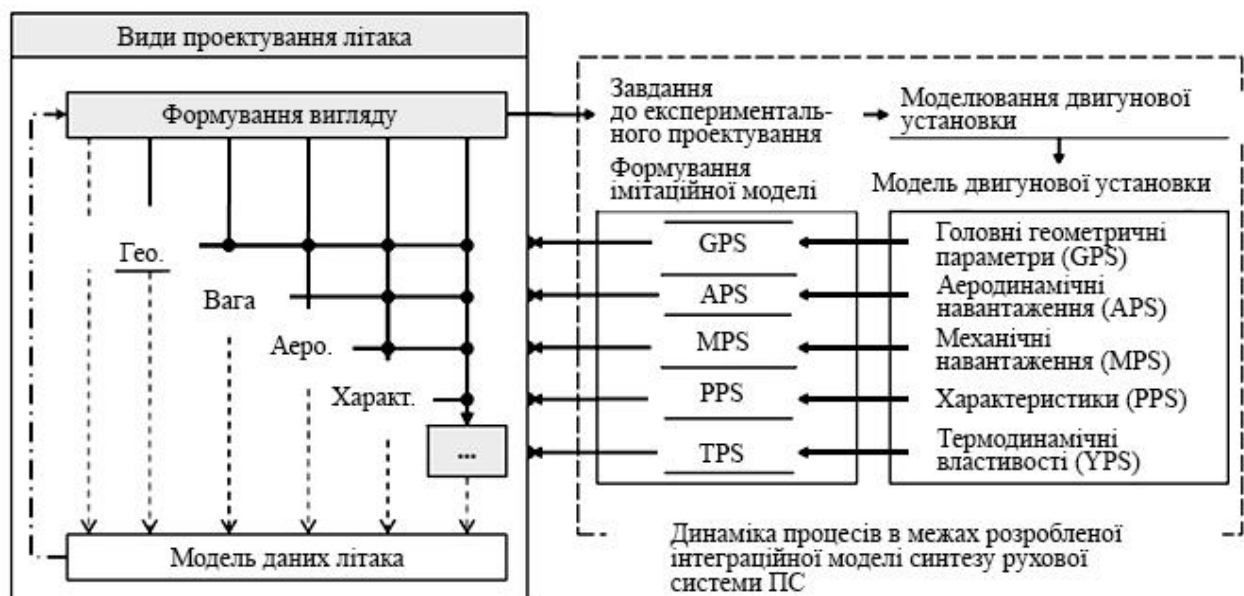


Рис. 2. Візуалізація концептуальної розробки запропонованого механізму реалізації дисциплінарно-орієнтованої інтеграції аспектів системи руху в ПС із врахуванням СУ

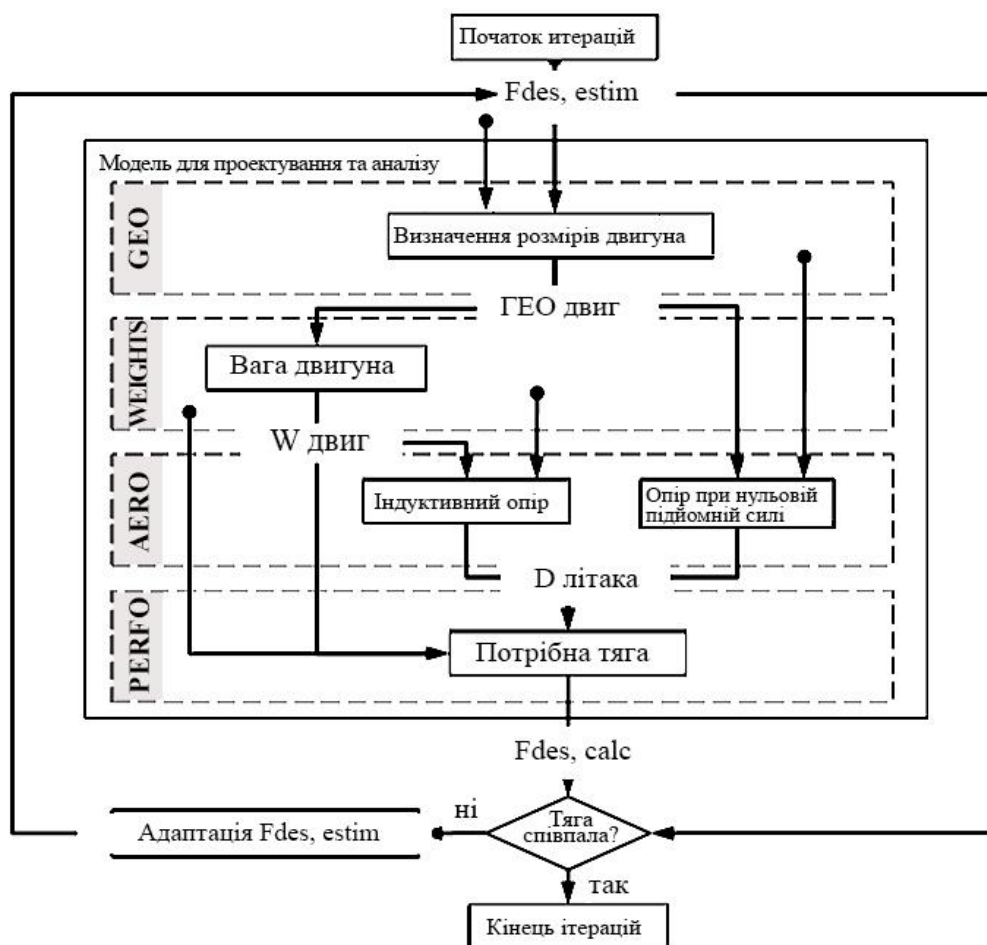


Рис. 3. Алгоритм візуалізації підходу інтеграції розмірів концептуальної конструкції пасажирського ПС в рамках спрощеного структурного нелінійного аналізу для розмірів пасажирського ПС та тяги двигуна

Висновок

В ході проведеного дослідження встановлено, що у сучасних літературних джерелах наводяться досить значна різноманітність в аспектах стосовно наукового розуміння інтеграції характеристик СУ і елементів ПС, в межах відповідних моделей описуючих дані процеси. В результаті в розробленій моделі наочно можна реалізовувати дослідження характеристики руху пасажирського ПС із врахуванням інтеграції характеристик СУ.

Література

1. Силовые установки дозвуковых пассажирских самолетов [Текст] / Г. В. Васильев, Л. Н. Дружинин и др. // Труды ЦИАМ. – 1990. – № 1272. – С. 55-68.
2. Терещенко, Ю. М. Авіаційні газотурбінні двигуни [Текст] / Ю. М. Терещенко, М. М. Мітрахович. – К. : КВІЦ, 2001. – 312 с.
3. Флоров, И. Ф. Методы оценки эффективности применения двигателей в авиации / И. Ф. Флоров // Труды ЦИАМ. – 1985. – № 1099. – 260 с.

4. Югов, О. К. Основы интеграции самолета и двигателя [Текст] / О. К. Югов, О. Д. Селиванов. – М. : Машиностроение, 1989. – 304 с.

References

1. Vasylyev, H. V., Druzhynyn, L. N. Sylovie ustanovky dozvukovikh passazhyrskykh samoletov [Power plants of subsonic airplanes]. *Trudi TsYAM – CIAM Proceedings*, 1990, no. 1272, pp. 55-68.
2. Tereshchenko, Yu. M., Mitrakhovych, M. M. *Aviatsiyini hazoturbinni dvyhuny* [Aircraft turbine engine]. Kiev, KVITs Publ., 2001. 312 p.
3. Florov, Y. F. Metody otsenky effektivnosti pryimenenyya dvyhateley v avyatsyy [Methods for aircraft engine efficiency estimation]. *Trudi TsYAM – CIAM Proceedings*, 1985, no. 1099. 260 p.
4. Yuhov, O. K., Selyvanov, O. D., Yuhov, O. K., Selyvanov, O. D. *Osnovi yntehratsyy samoleta y dvyhatelya* [Bases of airplane and engine integration]. Moscow, Mashynostroenye – Mechanical engineering Publ., 1989. 304 p.

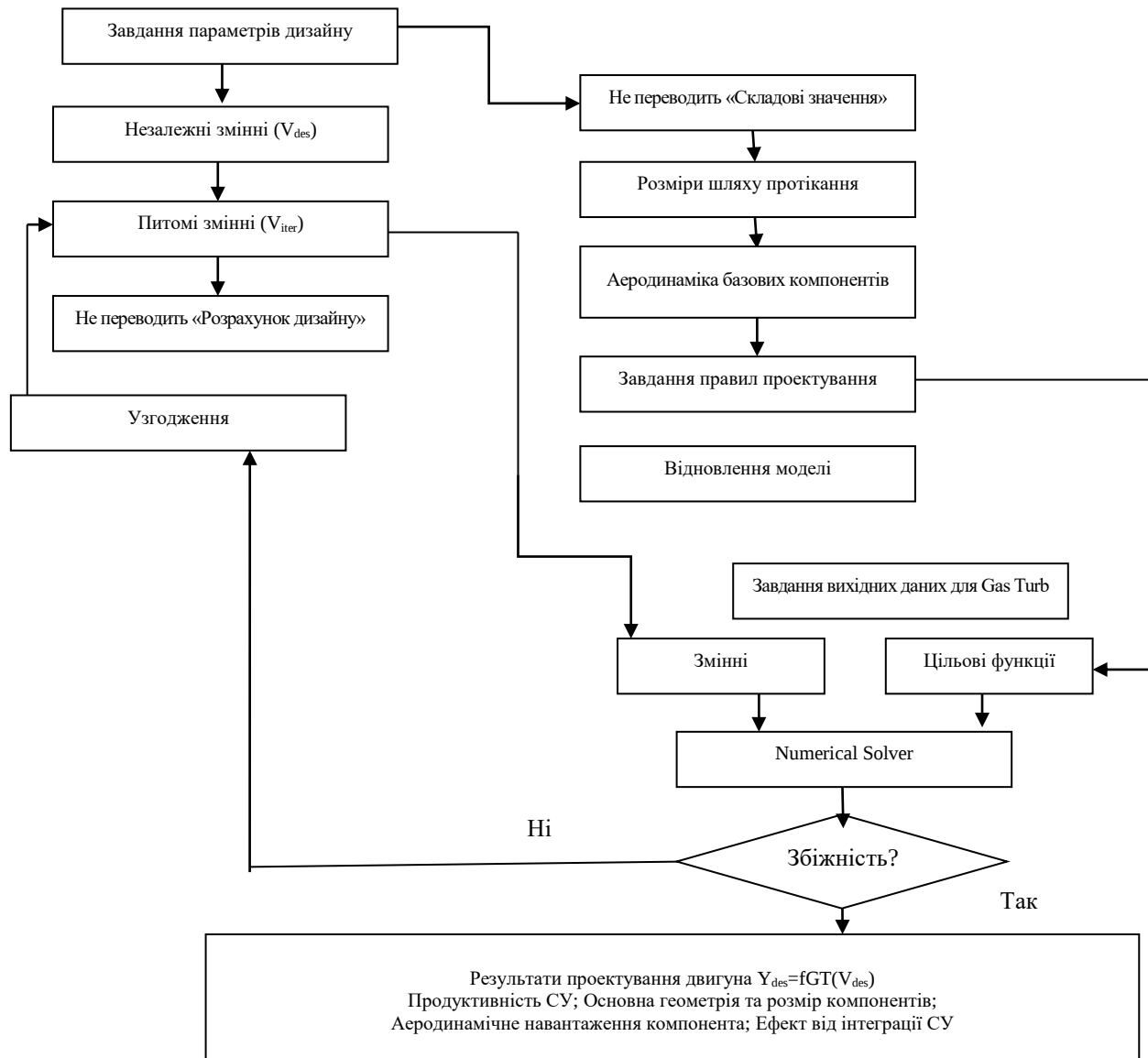


Рис. 4. Алгоритм візуалізації процесу розрахунку конструкції двигуна пасажирського ПС, що використовується в дизайні GasTurb

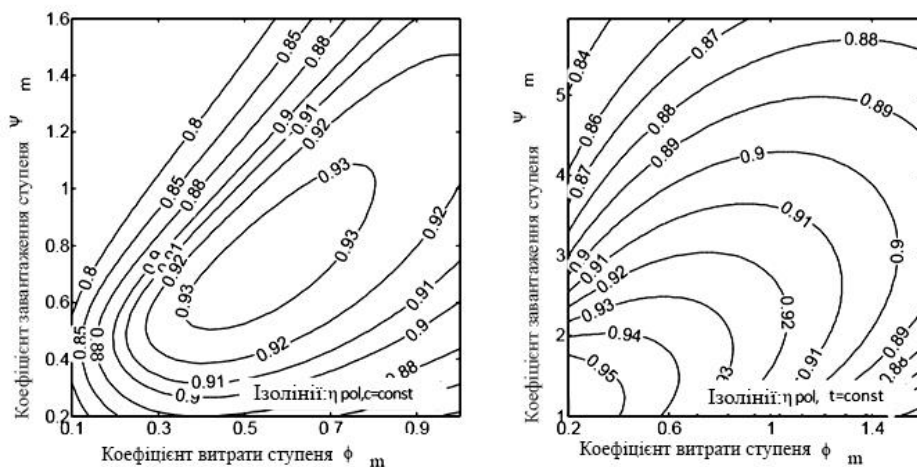


Рис. 5. Результати моделювання інтеграції в межах врахування аеродинамічної конструкції пасажирського ПС та компресорів (зліва) і турбін (праворуч) на основі розрахунків розробленого алгоритму

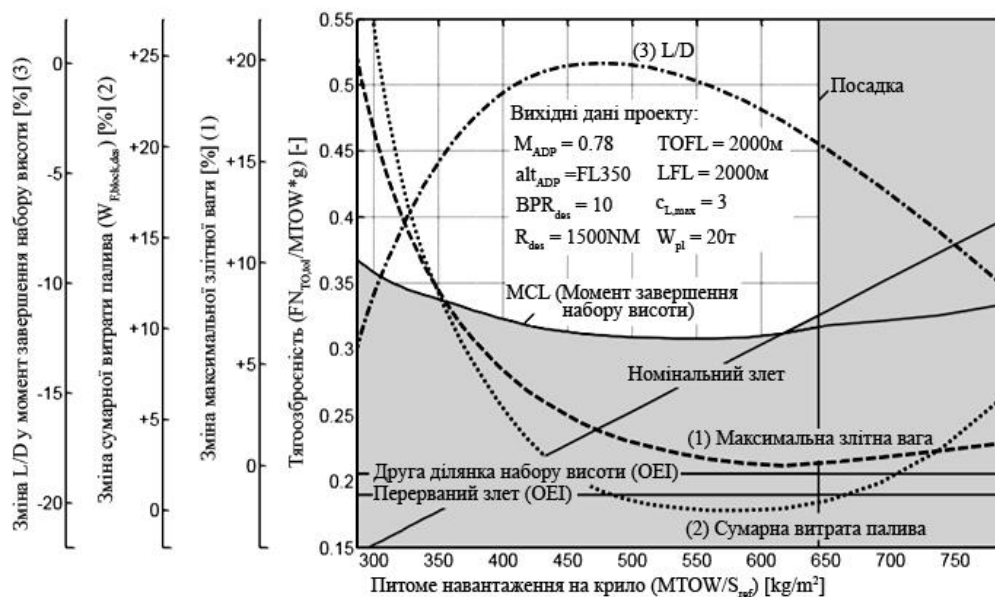


Рис. 6. Діаграма ефективності інтеграції СУ пасажирських літаків середньої дальності

Надійшла до редакції 18.05.2020, розглянута на редколегії 15.08.2020

АЛГОРИТМ ИНТЕГРАЦИИ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ СРЕДНЕЙ ДАЛЬНОСТИ

С. О. Дмитриев, О. Ю. Суровцев

Было проведено исследование интеграции двигательной установки пассажирского самолета средней дальности. Рассмотрена архитектура системы силовой установки и системный подход к проектированию силовой установки. Предложено блочное разделение решаемых задач — связанных с выбором схем и основных конструктивных параметров самолета с его силовой установкой и интеграцией управления. Рассмотрено влияние силовой установки и элементов планера на выбор параметров рабочего процесса и схемы работы двигателя на технологическом и конструктивном уровне. Рассмотрена модель исследования принципа зависимости характеристик движения пассажирского самолета от уровня интеграции характеристик его силовой установки. На основе этой модели предложен алгоритм повышения эффективности интеграции двигательной установки пассажирского самолета средней дальности. Исследование сосредоточено на рассмотрении самолета как сложной и высокоэффективной системы, которая содержит подсистемы и компоненты. Соответственно, предметная область исследования носит многоплановый комплексный характер и представлена с учетом технологической эволюции авиапассажирских перевозок, которая уже достигла достаточно высокой степени развития существующей архитектуры системы. Подход к интеграции характеристик двигательной установки пассажирских воздушных судов сводится к комплексному систематическому учету требований ИКАО к пассажирским воздушным судам, а также требований к их сертификации. Рассмотрены аспекты современных научных исследований, которые проводятся в области моделирования синтеза интеграции характеристик силовой установки и соответственно разрабатываются с учетом технологических и конструкторских решений относительно улучшения общей архитектуры системы в ракурсе системы. На основании расчетов разработанного алгоритма представлены результаты интеграционного моделирования в аэродинамическом расчете пассажирского самолета, компрессоров и турбин. Дана диаграмма эффективности интеграции силовой установки пассажирских самолетов средней дальности. Исследование ясно продемонстрировало, что на технологическом и структурном уровне обобщенное комплексное рассмотрение элементов силовой установки и планера, соответственно, влияет на выбор параметров рабочего процесса и схемы двигателя.

Ключевые слова: летательный аппарат; силовая установка; авиационный двигатель; аэрогазодинамическая интеграция; интегрированное управление.

ALGORITHM OF INTEGRATION OF THE POWER PLANT OF MEDIUM-RANGE PASSENGER PLANES

S. Dmytriev, O. Surovcev

A study on the integration of the propulsion system of medium-range passenger aircraft has been performed. The architecture of the power plant system and the system approach to power plant design are considered. The block division of the solved problems is offered – connected with a choice of schemes and the basic design parameters of aircraft with its power plant and integration of management. The influence of the power plant and elements of the glider on the choice of parameters of the working process and the scheme of the engine at the technological and structural level is considered. The model of research of the principle of the dependence of characteristics of the movement of the passenger aircraft on a level of integration of characteristics of its power plant is considered. Based on this model, an algorithm for increasing the efficiency of integration of the propulsion system of medium-range passenger aircraft is proposed. The study focuses on the consideration of the aircraft as a complex and highly efficient system that contains subsystems and components. Accordingly, the subject area of the study has a multifaceted complex nature and is presented taking into account the technological evolution of air passenger traffic, which has already reached a fairly high degree of development of the existing system architecture. The approach to the integration of the characteristics of the propulsion system of passenger aircraft is reduced to a multifaceted systematic consideration of the ICAO requirements for passenger aircraft, as well as the requirements for their certification. Aspects of modern scientific researches that are carried out in the field of modeling of synthesis of integration of characteristics of a power plant and accordingly are developed taking into account technological and design decisions concerning the improvement of the general architecture of the system in a foreshortening system are considered. Based on the calculations of the developed algorithm, the results of integration modeling are presented within the aerodynamic design of a passenger aircraft, compressors, and turbines. The diagram of efficiency of integration of power plant of medium-range passenger planes is given. The study demonstrated that at the technological and structural level, a generalized-integrated consideration of the power plant and glider elements, respectively, affects the choice of operating process parameters and engine scheme.

Keywords: aircraft; power plant; aircraft engine; aerogas-dynamic integration; integrated control.

Дмитриев Сергей Алексеевич – д-р техн. наук, проф., директор Учебно-научного аэрокосмического института Национального авиационного университета, Киев, Украина.

Суровцев Александр Юрьевич – ст. преп. каф. сохранения летной годности авиационной техники, Национальный авиационный университет; вице-президент ассоциации «Укрaviaпром», Киев, Украина.

Sergey Dmytriev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Managing Director of the Educational and Scientific Aerospace Institute, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: sad@nau.edu.ua.

Oleksandr Surovcev – Senior Lecturer of the Aircraft Continuous Airworthiness Department, National Aviation University; Vice-President of the "Ukraviaprom" Association, Kyiv, Ukraine, e-mail: aviaprom@ukr.net.