УДК 515.2

О.А. Вишневський, О.С. Давидов

Національний авіаційний університет, Київ

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГІПЕРБОЛО-ЕЛІПТИЧНИХ ФОРМ ОБВОДІВ ПОВІТРОЗАБІРНИКІВ ГТД ЗА ГАБАРИТНИМИ РОЗМІРАМИ

В роботі розглядається оптимізований аналітичний алгоритм розробки математичної моделі для визначення площ перерізів каналових поверхонь повітрозабірників (ПЗ) авіаційних газотурбінних двигунів(ГТД) з обводами гіперболо-еліптичних форм першого порядку гладкості. Перевагою отриманої моделі є те, що вона дозволяє проводити розрахунки площ обводів гіперболо-еліптичних форм і відтворювати їх зображення на комп'ютері за наперед заданими їх габаритними розмірами. Розроблена модель прискорює вирішення питань по оптимальному вибору геометричних розмірів обводу ПЗ та управлінням його формою.

Ключові слова: *повітрозабірники авіаційних ГТД, площі обводів, моделювання, габаритні розміри, алгоритм.*

Вступ

Питанням проектування, розрахунку, геометричного моделювання (ГМ) обводів аеродинамічних поверхонь літальних апаратів (ЛА) завжди приділялась достатня увага багатьох вчених і спеціалістів в різний час. При цьому повинна бути виконана основна вимога ICAO дотримання CALS-концепції, яка формує єдине інформаційне середовище використання виробу на всіх етапах його життєвого циклу [1 – 3], що потребує вирішення ряду задач оптимізації проектних рішень по конструкціям і компонуванню ПЗ.

Профілювання зовнішнього обводу ПЗ повинно забезпечити ЛА мінімальний лобовий опір, а оптимальне профілювання внутрішніх обводів характерних перерізів (ХП) повітряного каналу повинно забезпечувати високі значення коефіцієнта відновлення повного тиску ($\sigma_{\text{вт}}$ = 0,97...0,98) і рівномірне поле швидкостей на вході в компресор ГТД, що досягається за рахунок безвідривного протікання повітря в його каналовій поверхні і в першу чергу за рахунок гладкості внутрішніх обводів цих поверхонь, які складають основу конструкцій каналових поверхонь ПЗ[3].

1. Огляд публікацій та мета дослідження

В загальному вигляді обводи як внутрішніх, так і зовнішніх форм ЛА і повітрозабірників ГТД мають складні геометричні форми, але більшість з них піддаються геометричному моделюванню кривими другого порядку (КДП), а тому метод КДП в літакобудуванні знайшов широке застосування [3]. Не досліджені питання оптимального ГМ кривих поверхонь на основі КДП та їх обводів і інше[7, 8].

Не вирішені задачі по моделюванню обводів на основі КДП за наперед заданими їх габаритними розмірами, що в свою чергу впливає на швидке вирішення задач компонування ПЗ в загальній конструкції ЛА [2, 5].

В процесі випробувань і експлуатації експериментальних зразків повітрозабірників авіаційних ГТД геометричні форми піддаються корекції та конструктивним змінам, які вимагають від методів і прийомів ГМ гнучкості та управління формою розроблювальних конструкцій, в тому числі і управління формою обводів поверхонь за наперед заданими геометричними і спеціальними умовами.

Як відомо, математичне забезпечення для комп'ютерної візуалізації обводу гіперболо-еліптичної форми за наперед заданими габаритними розмірами дозволяє набагато швидше вирішувати задачі компонування ПЗ в загальній конструкції ЛА та являється основою для подальшого конструювання каналових поверхонь ПЗ за наперед заданими габаритними розмірами та іншими спеціальними умовами.

Виходячи з того, що основним функціональним призначання ПЗ в конструкції ЛА є організація рівномірних епюр полів швидкостей течій повітря в його каналовій поверхні і забезпечення при цьому ГТД необхідною масою повітря для повного згорання палива, а також забезпечення його стійкої роботи, то знання конкретних значень площ характерних перерізів ПЗ є важливою розрахунково-геометричною характеристикою.[4].

На основі наведеного за мету даної роботи поставлена задача – розробити математичну модель для визначення площ ХП ПЗ з обводами гіперболо-еліптичних форм першого порядку гладкості, яка б включала габаритні розміри обводу і дозволяла проводити обчислювальний експеримент для дослідження впливу заданого параметру на розміри площі обводу через побудову відповідних графіків при застосуванні систем CAD/CAE.

2. Результати досліджень

Розглянемо ГМ обводу (рис. 1) заданого конструктором у вигляді перерізу, який може бути наближений до гіперболо-еліптичної форми. Оскільки, проектований контур обводу складної геометричної форми неможливо описати будь-якою функцією одного вигляду, то для забезпечення високої точності його ГМ і розрахунку пропонується комбінований спосіб апроксимації. Він полягає у тому, що складна крива обводу за наперед заданими геометричними параметрами розбивається на окремі ділянки (АЕ, ЕС,СВ), найбільш близькі до того чи іншого закону розподілу кривизни профілю, що описується комбінацією КДП, а ступінь їх випуклості і вид кривої визначаються за дискримінантом d: якщо d>0,5, то маємо дугу гіперболи; якщо d<0,5 – дугу еліпса; якщо d=0,5 – дугу параболи.

При цьому зрощування окремих ділянок виконується із збереженням похідної (дотична t_E у точці зрощування має бути спільною).

Після цього з врахуванням встановлених значень дискримінанта d і виду КДП для підвищення точності ГМ обводу необхідно ці окремо взяті ділянки КДП перебудувати з використанням того чи іншого відомого геометричного способу або прийому їх побудови, наприклад, з використанням системи AutoCAD.

Однією із основних характеристик ХП ПЗ ГТД є визначення площі його перерізу, що являє інтерес для інженерної практики, бо знання конкретних значень площ ХП необхідно для розрахунків по визначенню витрати повітря, епюр полів швидкостей течій повітря в них, забезпечення стійкої роботи авіаційного ГТД [7].

В зв’язку з цим геометричні параметри вхідної частини каналу ПЗ визначаються необхідною витратою маси повітря через площу входу за формулою.

$$F_{вх} = m_n / v_{вх}\rho_{вх}\,, \qquad (1)$$

де $F_{вх}$ – площа входу; *m*- секундна витрата повітря через двигун; $v_{вх}$ – швидкість повітря на вході; $\rho_{вх}$ – щільність повітря на вході [6].

При цьому площа входу ПЗ розраховується для крейсерської швидкості польоту.

Для обводу гіперболо-еліптичної форми, який показаний на рис.1, площа необхідна для (1) може бути розрахована за формулою(2):

$$S_{ХП} = 2\left(S_1 + S_2\right) = 2\left(\int_{x_A}^{x_{ге}} y_1\left(x\right)dx + \int_{x_{ге}}^{x_{Be}} y_2\left(x\right)dx\right). \qquad (2)$$

Для забезпечення плавної форми гіперболо-еліптичного обводу при його ГМ і визначення при цьому загальної площі ХП ПЗ ГТД необхідно визначити – координату точки зрощування гіперболи з еліпсом, в якій вони мають спільну дотичну $t_{E,}$, показану на рис.1, тобто, щоб графіки функцій гіперболи і еліпса забезпечували обвід першого порядку гладкості і стикувались в точці зрощування з однаковими значеннями абсцис необхідно і достатньо виконання наступних двох умов (3)

$$\begin{cases} G\left(x_{ге}\right) = E\left(x_{ге}\right); \\ G'\left(x_{ге}\right) = E'\left(x_{ге}\right), \end{cases} \qquad (3)$$

де $x_{ге}$ – абсциса точки зрощування гіперболи з еліпсом.

Канонічна форма рівнянь, які входять в перше рівняння системи (3) має вигляд(4). Гіпербола задається першим рівнянням системи (4), еліпс другим рівнянням.

$$\begin{cases} \dfrac{x^2}{a_г^2} - \dfrac{y^2}{b_г^2} = 1; \\ \dfrac{\left(x - x_{це}\right)}{a^2} + \dfrac{y^2}{b^2} = 1. \end{cases} \qquad (4)$$

Тоді вирази для першого рівняння системи (3) з врахуванням (4) можна записати в такому вигляді:

$$G(x_{ге}) = \frac{x_{ге}^2}{a_г^2} b_г^2 - b_г^2\,; \qquad (5)$$

$$E(x_{ге}) = b^2 - \frac{\left(x_{ге} - x_{це}\right)^2}{a^2} b^2\,.$$

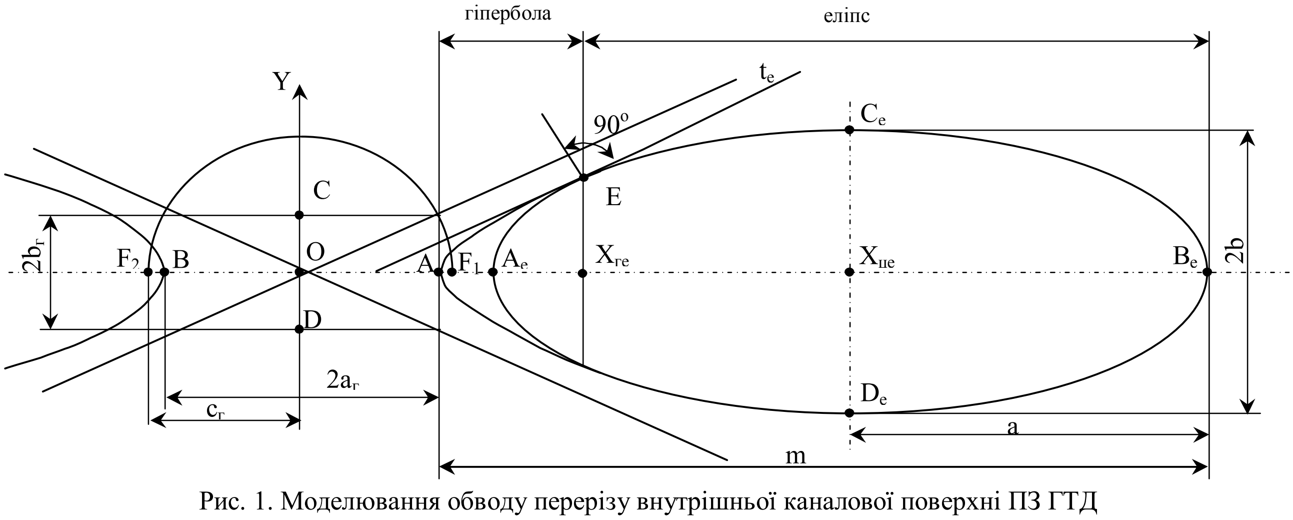

Рис. 1. Моделювання обводу перерізу внутрішньої каналової поверхні ПЗ ГТД гіперболо-еліптичної форми за наперед заданими габаритними розмірами

Систему (3), яка забезпечує в точці зрощування гіперболи з еліпсом обвід з гладкістю першого порядку, з врахуванням формул (5) можна переписати і вона приймає вигляд (6):

$$\begin{cases} \frac{b_г^2}{a_г^2} x_{ге}^2 + \frac{b^2}{a^2}\left(x_{ге} - x_{це}\right)^2 = b^2 + b_г^2; \\ \frac{b_г^2}{a_г^2} x_{ге} + \frac{b^2}{a^2}\left(x_{ге} - x_{це}\right) = 0. \end{cases} \qquad (6)$$

Із її розв'язку маємо формулу для визначення абсциси точки стику гіперболи з еліпсом:

$$x_{ге} = \frac{a_г^2 b}{b_г}\sqrt{\frac{b^2 + b_г^2}{a^2 b_г^2 + a_г^2 b^2}}\,. \qquad (7)$$

Після відповідних перетворень отримаємо наступну формулу:

$$x_{ге} = \frac{a_г^2 b}{b_г a}\sqrt{\frac{1 + (b_г / b)^2}{(b_г / b)^2 + (a_г / a)^2}}\,. \qquad (8)$$

Також формулу (9) для визначення координати центра еліпса по осі абсцис $x_{це}$, яка має вигляд:

$$x_{це} = \frac{1}{bb_г}\sqrt{\left(a^2 b_г^2 + a_г^2 b^2\right)\left(b^2 + b_г^2\right)}\,, \qquad (9)$$

де a і b розміри півосей еліпса, $a_г$ і $b_г$ розміри півосей гіперболи.

3. Оптимізація моделювання розрахунків ГТД

Алгебраїчні перетворення дозволяють отримати наступний вираз:

$$x_{це} = \frac{ab}{b_г}\sqrt{\left(\left(\frac{b_г}{b}\right)^2 + \left(\frac{a_г}{a}\right)^2\right)\left(1 + \left(\frac{b_г}{b}\right)^2\right)}\,. \qquad (10)$$

Тоді площа ХП ПЗ по (2) з урахуванням (7) і (9) дорівнюватиме

$$S_{ХП} = \frac{\sqrt{\left(b^2 + b_г^2\right)\left(a_г^2 b^4 - a^2 b_г^4\right)}}{bb_г} + abarcsin\left(\frac{ab_г}{b}\sqrt{\frac{b^2 + b_г^2}{a^2 b_г^2 + a_г^2 b^2}}\right) - a_г b_г \ln\left(\frac{a_г b\sqrt{b^2 + b_г^2} + \sqrt{a_г^2 b^4 - a^2 b_г^4}}{b_г\sqrt{a^2 b_г^2 + a_г^2 b^2}}\right) + \frac{\pi ab}{2}. \qquad (11)$$

Слід зауважити, що важливе значення при цьому має вибір коректних параметрів, які забезпечують гладкість зрощування в точках стику гіперболи з еліпсом. Їх необхідно визначати з умов виконання нерівності:

$$a_г^2 b^4 - a^2 b_г^4 \ge 0 \qquad (12)$$

Нерівність (10) рівносильна нерівності (13).

$$\left(a_г b^2 + ab_г^2\right)\left(a_г b^2 - ab_г^2\right) \ge 0 \qquad (13)$$

Приймаючи до уваги те, що з нерівності $a_г b^2 + ab_г^2 > 0$ випливає нерівність $a_г b^2 - ab_г^2 \ge 0$, маємо нерівність (14), що визначає зв'язок між коректними параметрами.:

$$a \le a_г b^2 / b_г^2\,. \qquad (14)$$

Значного спрощення викладок можна добитися після наступних перетворень:

$$S_{ХП} = \frac{b^2\sqrt{\left(1 + \left(\frac{b_г}{b}\right)^2\right)\left(\left(\frac{a_г}{a}\right)^2 - \left(\frac{b_г}{b}\right)^4\right)}}{b_г} + abarcsin\left(\frac{b_г}{b}\sqrt{\frac{1 + \left(\frac{b_г}{b}\right)^2}{\left(\frac{b_г}{b}\right)^2 + \left(\frac{a_г}{a}\right)^2}}\right) - a_г b \times \ln\left(\frac{a_г b\sqrt{1 + \left(\frac{b_г}{b}\right)^2} + ab\sqrt{\left(\frac{a_г}{a}\right)^2 - \left(\frac{b_г}{b}\right)^4}}{ab_г\sqrt{\left(\frac{b_г}{b}\right)^2 + \left(\frac{a_г}{a}\right)^2}}\right) + \frac{\pi ab}{2}. \qquad (15)$$

Наступні заміни значно спрощують отримані викладки (7 – 12):

$$\begin{cases} p = a_г / a; \\ s = b_г / b. \end{cases} \qquad (16)$$

Абсциса точки переходу гіперболи у еліпс матиме наступний вигляд:

$$x_{ге} = \frac{ap^2}{s}\sqrt{\frac{1 + s^2}{s^2 + p^2}}\,. \qquad (17)$$

Абсцису центра еліпсу можна обчислити як:

$$x_{це} = \frac{a}{s}\sqrt{\left(s^2 + p^2\right)\left(1 + s^2\right)}\,. \qquad (18)$$

Площа характерного перерізу матиме наступний аналітичний вигляд:

$$S_{ХП} = \frac{b\sqrt{\left(1 + s^2\right)\left(p^2 - s^4\right)}}{s} + abarcsin\left(s\sqrt{\frac{1 + s^2}{s^2 + p^2}}\right) - abps\ln\left(\frac{p\sqrt{1 + s^2} + \sqrt{p^2 - s^4}}{s\sqrt{s^2 + p^2}}\right) + \frac{\pi ab}{2}. \qquad (19)$$

Обмеження (14) на параметри матиме вигляд:

$$s^2 \le p \qquad (20)$$

Виникає необхідність вирішення якісно нових задач, а саме – можливості автоматизованої об'ємно-просторової і габаритно-розмірної компоновки в тому числі і каналових поверхонь ПЗ авіаційних ГТД складних геометричних форм. Визначимо площу перерізу ПЗ гіперболо-еліптичної форми з врахуванням його габаритних розмірів m і $2b$ (рис.1), де

$$m = x_{це} - a_г + a\,. \qquad (21)$$

Із співвідношення (21) отримаємо залежність параметра $a_г$ від інших. Для цього на основі (21) отримуємо наступне рівняння

$$\left(a_г - a + m\right)^2 = x_{це}^2 . \tag{22}$$

Враховуючи залежність (8) і рівняння (22) маємо:

$$\left(a_г - a + m\right)^2 = \frac{1}{b^2 b_г^2}\left(a^2 b_г^2 + a_г^2 b^2\right)\left(b^2 + b_г^2\right). \tag{23}$$

Виконавши перетворення над рівністю (23) отримуємо квадратне рівняння.

$$\begin{gathered} a_г^2 b^4 + 2b^2 b_г^2 (a-m) a_г + \\ + b_г^4 a^2 - m^2 b^2 b_г^2 + 2amb^2 b_г^2 = 0. \end{gathered} \tag{24}$$

Розв'язуючи рівняння (24) отримаємо його корені, які необхідні для визначення параметра $a_г$.

$$a_г = \frac{b_г^2 (m-a) \pm b_г \sqrt{\left(b_г^2 + b^2\right)\left(m^2 - 2am\right)}}{b^2} . \tag{25}$$

Після врахування замін (16), отримаємо:

$$a_г = s^2 (m-a) + s\sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} . \tag{26}$$

Враховуючи залежність (7), можна отримати формулу визначення абсциси точки стику гіперболи та еліпса через габаритні розміри ХП ПЗ ГТД.

$$\begin{gathered} x_{ге} = \left(b_г \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 \Big/ b^2 \right) \times \\ \times \sqrt{\frac{b^2+b_г^2}{a^2 b^2 b_г^2 + b_г^2 \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} . \end{gathered} \tag{27}$$

Після врахування замін (16), отримаємо залежність для знаходження абсциси точки стику гіперболи та еліпса з урахуванням габаритних розмірів:

$$\begin{gathered} x_{ге} = s\left(s\cdot(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 \times \\ \times \sqrt{\frac{1+s^2}{a^2 s^2 + s^2 \left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} . \end{gathered} \tag{28}$$

Аналогічно із залежності (9) отримаємо формулу (28) для визначення абсциси центра еліпса.

$$\begin{gathered} x_{це} = \sqrt{b^2+b_г^2} \times \\ \times \sqrt{a^2 b^2 + \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2} \Big/ b^2 . \end{gathered} \tag{29}$$

Після врахування замін (16), отримаємо:

$$\begin{gathered} x_{це} = \sqrt{1+s^2} \times \\ \times \sqrt{a^2 + \left(s\cdot(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2} . \end{gathered} \tag{30}$$

Після підстановки значення $a_г$ з рівності (25) в формулу (11) і виконання відповідних спрощень маємо наступну модель (32) для розрахунку площ обводу з врахуванням його габаритних розмірів.

Модель (32) буде коректною при виконанні умов (31).

$$a \le \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right) \Big/ b_г \tag{31}$$

$$\begin{gathered} S_{ХП} = \frac{\pi ab}{2} + \frac{\sqrt{b^2+b_г^2}}{b} \times \\ \times \sqrt{\left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 - a^2 b_г^2} + ab \times \\ \times \arcsin\left(a\sqrt{\frac{b^2+b_г^2}{a^2b^2 + \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} \right) - \\ - \frac{b_г^2 \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)}{b^2} \times \\ \times \ln\left(\frac{b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)}}{b_г} \right) \times \\ \times \sqrt{\frac{b^2+b_г^2}{a^2b^2 + \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} + \\ + \frac{b}{b_г} \sqrt{\frac{\left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 - a^2 b_г^2}{a^2b^2 + \left(b_г (m-a) \pm \sqrt{\left(b_г^2+b^2\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} . \end{gathered} \tag{32}$$

Після відповідних перетворень в рівнянні (32) і з урахуванням замін (16), отримаємо формулу для обчислення площі перерізу повітрозабірника ГТД з урахуванням його габаритних розмірів у значно спрощеному варіанті в порівнянні з (32):

$$\begin{gathered} S_{ХП} = \frac{\pi ab}{2} + b\sqrt{1+s^2} \times \\ \times \sqrt{\left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 - a^2 s^2} + ab \times \\ \times \arcsin\left(a\sqrt{\frac{1+s^2}{a^2 + \left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} \right) - \\ - bs^2 \left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right) \times \\ \times \ln\left((m-a) \pm \sqrt{\left(1+\frac{1}{s^2}\right)\left(m^2-2am\right)} \right) \times \\ \times \sqrt{\left(1+s^2\right) \Big/ \left(a^2 + \left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 \right)} + \\ + \frac{1}{s} \sqrt{\frac{\left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2 - a^2 s^2}{a^2 + \left(s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)} \right)^2}} . \end{gathered} \tag{33}$$

Модель (33) буде коректною при виконанні умов (34).

$$a \le \frac{s(m-a) \pm \sqrt{\left(s^2+1\right)\left(m^2-2am\right)}}{s} . \tag{34}$$

Висновки

Розглянуто графоаналітичний алгоритм моделювання обводів характерних перерізів повітрозабірників авіаційних ГТД гіперболо-еліптичних форм першого порядку гладкості, що являється основою для проектування їх каналових поверхонь.

Отримано математичні моделі для визначення конкретних значень площ обводів з гіперболо-еліптичними формами першого порядку гладкості, які необхідно розраховувати конструктору для забезпечення протікання необхідної маси повітря через ПЗ ГТД, що в свою чергу направлено на сприяння стійкої роботи ГТД з повним згоранням палива в ньому, а також забезпечувати безвідривне протікання повітря з рівномірними епюрами-полями швидкостей в каналовій поверхні ПЗ.

Розроблені моделі дозволяють проводити обчислювальний експеримент по дослідженню впливу характерного геометричного параметру обводу на величину його площі та на управління його формою, а також визначають вибір конкретних значень параметрів обводу.

Модель, яка включає габаритні розміри обводу і визначає його площу, сприяє оптимальному вирішенню питанням по об’ємно-просторовій і габаритно-розмірній компоновці ПЗ в загальній конструкції ЛА.

Проектування поверхонь ПЗ на основі гладких обводів сприяє покращенню аеродинамічних характеристик та експлуатаційних і екологічних параметрів авіаційних ГТД так, як забезпечують зниження аеродинамічних втрат потоку повітря, що в значній мірі дозволяє знижувати шумові характеристики на вході в повітрозабірник і виході з двигуна.

Перспективами подальших досліджень будуть питання автоматизації геометричного моделювання обводів та застосування інших комбінацій КДП і поліномів при проектуванні каналових поверхонь ПЗ.

Список літератури

1. Основы общего проектирования самолетов с газотурбинными двигателями. Ч. 2 / П.В. Балабуев, С.А. Бычков и др. – Х.:ХАИ, 2003. – 390 с.

2. Басов Ю.Ф. Опыт внедрения современных информационных технологий при проектировании двигателей / Ю.Ф. Басов // Авіаційно-космічна техніка і технологія: – 2003. – № 5. – С. 19-24.

3. Пильов В.О. Загальні тенденції розвитку та шляхи удосконалення комп’ютерних технологій підтримки життєвого циклу двигунів внутрішнього згоряння / В.О. Пильов // Двигатели внутреннего згорання: Всеукр. научн.-техн. журн. – 2004. – № 1. - С. 61-69.

4. Попов В.А. Анализ интегрированной системы управления жизненным циклом изделия / В.А. Попов, А.В. Котлярів // Авиационно-космическая техника и технология: – 2004. – № 6. – С. 81-87.

5. Михайленко В.Е. Сучасний стан методів геометричного та комп’ютерного моделювання та напрямки їх розвитку / В.Е. Михайленко, О.В. Черніков // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – К. КДТУБА, 2000. – Вип.68. – С. 3-11.

6. Ходак М.О. Застосування номографування до геометричного моделювання обводів перерізів повітрозабірників авіадвигунів параболо-еліптичних форм / М.О. Ходак, В.В. Ситниченко, Т.С. Панкратова // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2003. – № 40/5. – С. 121-125.

7. Ходак М.О. Моделювання геометричних характеристик повітрозабірників авіаційних ГТД з параболо-еліптично- гіперболічним обводом на вході першого порядку гладкості / М.О. Ходак, Т.С. Панкратова // Авіаційно-космічна техніка та технологія. – 2006. – № 9/35. –С. 48-55.

8. Ходак М.О. Вибір оптимальної комп’ютерної візуалізації при геометричному моделюванні обводів складних форм характерних перерізів повітрозабірників авіаційних ГТД / М.О. Ходак, В.В. Ситниченко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Т. 12, Вип. 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь, 2001. – С. 83-89.

9. Ходак М.О. Моделювання обводів повітрозабірників авіаційних ГТД гіперболо – еліптичних форм за їх габаритними розмірами / М.О. Ходак, О.А. Вишневський, Т.С. Панкратова // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 3. – С. 31-36.

Надійшла до редколегії 12.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПЕРБОЛО - ЭЛИПТИЧЕСКИХ ФОРМ ОБВОДОВ ВОЗДУХОЗАБОРНИКОВ ГТД ПО ГАБАРИТНЫМ РАЗМЕРАМ

О.А. Вишневский, А.С. Давыдов

В работе рассматривается оптимизированный аналитический алгоритм построения математической модели для определения площади сечения канальных поверхностей воздухозаборников (ВЗ) авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) с обводами гиперболо-элиптических форм первого порядка гладкости. Преимуществом полученной модели есть то, что она позволяет проводить расчёты площадей обводов гиперболо-элиптических форм и получать их изображения на компьютере по заранее заданным их габаритным размерам. Разработанная модель ускоряет решение вопросов по оптимальному выбору геометрических размеров обвода ВЗ и управления его формой.

Ключевые слова: *воздухозаборник авиационных газотурбинных двигателей, площади обводов, моделирование, габаритные размеры, алгоритм.*

OPTIMIZATION OF MODELING THE HYPERBOLIC-ELLIPTICAL SHAPES OF THE GAS TURBINE ENGINE AIR INLET CONTOURS ACCORDING TO DIMENSIONS

O.A. Vishnevskiy, A.S. Davydov

This paper considers the optimized analytic algorithm of constructing the mathematical model for determining the cross-section area of the aircraft gas turbine engine (GTE) air inlet (AI) channel surfaces with hyperbolic-elliptical shape contours with the first order smoothness. The resulting model advantage is the possibility to calculate the hyperbolic-elliptical shape contour areas and obtain their images on computer according to pre-specified dimension. Developed model accelerates solution of optimal selection of the AI contour geometrical dimension and its shape control.

Keywords: *aircraft gas turbine engine air inlet, contour areas, modeling, dimension, algorithm.*