

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 повітрязбірників (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 управління його формою.

**Ключові слова:** повітрязбірники 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 ІКАО 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.

Профільовання зовнішнього обводу ПЗ повинно забезпечити ЛА мінімальний лобовий опір, а оптимальне профільовання внутрішніх обводів характерних перерізів (ХП) повітряного каналу повинно забезпечувати високі значення коефіцієнта відновлення повного тиску ( $\sigma_{вт} = 0,97...0,98$ ) 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 повітрязбірників 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 повітрязбірників 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 призначенням 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 САД/САЕ.

### 2. Результати досліджень

Розглянемо ГМ обводу (рис. 1) заданого конструктором у вигляді перерізу, який може бути на-

ближений до гіперболо-еліптичної форми. Оскільки, проєктований 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 течії 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.

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

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):

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

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)

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

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.

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a_g^2} - \frac{y^2}{b_g^2} = 1; \\ \frac{(x - x_{не})^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \end{cases} \quad (4)$$

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

$$G(x_{ге}) = \frac{x_{ге}^2}{a_g^2} b_g^2 - b_g^2; \quad (5)$$

$$E(x_{ге}) = b^2 - \frac{(x_{ге} - x_{не})^2}{a^2} b^2.$$

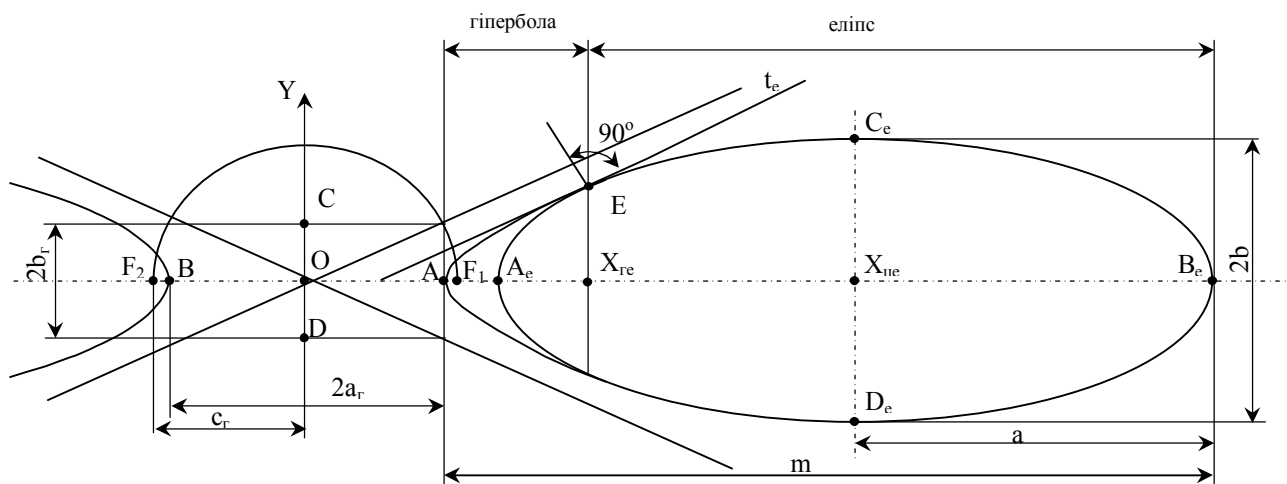


Рис. 1. Моделювання обводу перерізу внутрішньої каналової поверхні ПЗ ГТД гіперболо-еліптичної форми за наперед заданими габаритними розмірами

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):

$$\begin{cases} \frac{b_r^2}{a_r^2} x_{ге}^2 + \frac{b^2}{a^2} (x_{ге} - x_{це})^2 = b^2 + b_r^2; \\ \frac{b_r^2}{a_r^2} x_{ге} + \frac{b^2}{a^2} (x_{ге} - x_{це}) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

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

$$x_{ге} = \frac{a_r^2 b}{b_r} \sqrt{\frac{b^2 + b_r^2}{a^2 b_r^2 + a_r^2 b^2}}. \quad (7)$$

Після відповідних перетворень отримаємо наступну формулу:

$$x_{ге} = \frac{a_r^2 b}{b_r a} \sqrt{\frac{1 + (b_r/b)^2}{(b_r/b)^2 + (a_r/a)^2}}. \quad (8)$$

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

$$x_{це} = \frac{1}{bb_r} \sqrt{(a^2 b_r^2 + a_r^2 b^2)(b^2 + b_r^2)}, \quad (9)$$

де  $a$  і  $b$  розміри півосей еліпса,  $a_r$  і  $b_r$  розміри півосей гіперболи.

### 3. Оптимізація моделювання розрахунків ГТД

Алгебраїчні перетворення дозволяють отримати наступний вираз:

$$x_{це} = \frac{ab}{b_r} \sqrt{\left(\left(\frac{b_r}{b}\right)^2 + \left(\frac{a_r}{a}\right)^2\right) \left(1 + \left(\frac{b_r}{b}\right)^2\right)}. \quad (10)$$

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

$$\begin{aligned} S_{ХП} = & \frac{\sqrt{(b^2 + b_r^2)(a_r^2 b^4 - a^2 b_r^4)}}{bb_r} + \\ & + ab \arcsin \left( \frac{ab_r}{b} \sqrt{\frac{b^2 + b_r^2}{a^2 b_r^2 + a_r^2 b^2}} \right) - \\ & - a_r b_r \ln \left( \frac{a_r b \sqrt{b^2 + b_r^2} + \sqrt{a_r^2 b^4 - a^2 b_r^4}}{b_r \sqrt{a^2 b_r^2 + a_r^2 b^2}} \right) + \frac{\pi ab}{2}. \end{aligned} \quad (11)$$

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:

$$a^2 b^4 - a^2 b_r^4 \geq 0 \quad (12)$$

Нерівність (10) рівносильна нерівності (13).

$$\left(a_r b^2 + ab_r^2\right) \left(a_r b^2 - ab_r^2\right) \geq 0 \quad (13)$$

Приймаючи до уваги те, що з нерівності  $a_r b^2 + ab_r^2 > 0$  випливає нерівність  $a_r b^2 - ab_r^2 \geq 0$ ,

маємо нерівність (14), що визначає зв'язок між коректними параметрами:

$$a \leq a_r b^2 / b_r^2. \quad (14)$$

Значного спрощення викладок можна добитися після наступних перетворень:

$$\begin{aligned} S_{ХП} = & \frac{b^2 \sqrt{\left(1 + \left(\frac{b_r}{b}\right)^2\right) \left(\left(\frac{a_r}{a}\right)^2 - \left(\frac{b_r}{b}\right)^4\right)}}{b_r} + \\ & + ab \arcsin \left( \frac{b_r}{b} \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{b_r}{b}\right)^2}{\left(\frac{b_r}{b}\right)^2 + \left(\frac{a_r}{a}\right)^2}} \right) - a_r b \times \\ & \times \ln \left( \frac{a_r b \sqrt{1 + \left(\frac{b_r}{b}\right)^2} + ab \sqrt{\left(\frac{a_r}{a}\right)^2 - \left(\frac{b_r}{b}\right)^4}}{ab_r \sqrt{\left(\frac{b_r}{b}\right)^2 + \left(\frac{a_r}{a}\right)^2}} \right) + \frac{\pi ab}{2}. \end{aligned} \quad (15)$$

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

$$\begin{cases} p = a_r/a; \\ s = b_r/b. \end{cases} \quad (16)$$

Абсциса точки переходу гіперболи у еліпс матиме наступний вигляд:

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

Абсцису центра еліпсу можна обчислити як:

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

Площа характерного перерізу матиме наступний аналітичний вигляд:

$$\begin{aligned} S_{ХП} = & \frac{b \sqrt{(1+s^2)(p^2-s^4)}}{s} + \\ & + ab \arcsin \left( s \sqrt{\frac{1+s^2}{s^2+p^2}} \right) - \\ & - abps \ln \left( \frac{p \sqrt{1+s^2} + \sqrt{p^2-s^4}}{s \sqrt{s^2+p^2}} \right) + \frac{\pi ab}{2}. \end{aligned} \quad (19)$$

Обмеження (14) на параметри матиме вигляд:

$$s^2 \leq p \quad (20)$$

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

$$m = x_{це} - a_r + a. \quad (21)$$

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

$$(a_r - a + m)^2 = x_{це}^2. \quad (22)$$

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

$$(a_r - a + m)^2 = \frac{1}{b^2 b_r^2} (a^2 b_r^2 + a_r^2 b^2) (b^2 + b_r^2). \quad (23)$$

Виконавши перетворення над рівністю (23) отримуємо квадратне рівняння.

$$a_r^2 b^4 + 2b^2 b_r^2 (a - m) a_r + b_r^4 a^2 - m^2 b^2 b_r^2 + 2amb^2 b_r^2 = 0. \quad (24)$$

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

$$a_r = \frac{b_r^2 (m - a) \pm b_r \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)}}{b^2}. \quad (25)$$

Після врахування заміни (16), отримаємо:

$$a_r = s^2 (m - a) + s \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)}. \quad (26)$$

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

$$x_{ге} = \left( b_r \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right) / b^2 \right) \times \sqrt{\frac{b^2 + b_r^2}{a^2 b^2 b_r^2 + b_r^2 \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2}}. \quad (27)$$

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

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

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

$$x_{це} = \sqrt{b^2 + b_r^2} \times \sqrt{a^2 b^2 + \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2} / b^2. \quad (29)$$

Після врахування заміни (16), отримаємо:

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

Після підстановки значення  $a_r$  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).

$$a \leq \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right) / b_r \quad (31)$$

$$S_{ХП} = \frac{\pi ab}{2} + \frac{\sqrt{b^2 + b_r^2}}{b} \times \sqrt{\left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2 - a^2 b_r^2 + ab} \times \arcsin \left[ a \frac{\sqrt{b^2 + b_r^2}}{\sqrt{a^2 b^2 + \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2}} \right] - \frac{b_r^2 \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)}{b^2} \times \ln \left( \frac{b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)}}{b_r} \right) \times \sqrt{\frac{b^2 + b_r^2}{a^2 b^2 + \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2}} + \frac{b}{b_r} \sqrt{\frac{\left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2 - a^2 b_r^2}{a^2 b^2 + \left( b_r (m - a) \pm \sqrt{(b_r^2 + b^2)(m^2 - 2am)} \right)^2}}. \quad (32)$$

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

$$S_{ХП} = \frac{\pi ab}{2} + b \sqrt{1 + s^2} \times \sqrt{\left( s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)} \right)^2 - a^2 s^2 + ab} \times \arcsin \left[ a \frac{\sqrt{1 + s^2}}{\sqrt{a^2 + \left( s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)} \right)^2}} \right] - bs^2 \left( s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)} \right) \times \ln \left( (m - a) \pm \sqrt{\left( 1 + \frac{1}{s^2} \right) (m^2 - 2am)} \right) \times \sqrt{\frac{1 + s^2}{a^2 + \left( s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)} \right)^2}} + \frac{1}{s} \sqrt{\frac{\left( s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)} \right)^2 - a^2 s^2}{a^2 + \left( s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)} \right)^2}}. \quad (33)$$

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

$$a \leq \frac{s(m - a) \pm \sqrt{(s^2 + 1)(m^2 - 2am)}}{s}. \quad (34)$$

## Висновки

Розглянуто графоаналітичний алгоритм моделювання обводів характерних перерізів повітрязбірників 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 епіюрами-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 питань 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 повітрязбірник 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 // *Авиационно-космична 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 згорання / В.О. Пильов // *Двигатели внутреннего сгорания: 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 повітрязбірників авіадвигунів параболо-еліптичних форм / М.О. Ходак, В.В. Ситниченко, Т.С. Панкратова // *Авиационно-космична техніка і технологія*. – 2003. – № 40/5. – С. 121-125.
7. Ходак М.О. Моделювання геометричних характеристик повітрязбірників авіаційних ГТД з параболо-еліптично-гіпербололічним обводом на вході першого порядку гладкості / М.О. Ходак, Т.С. Панкратова // *Авиационно-космична 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 повітрязбірників 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 складних форм 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 - ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ 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-эллиптических форм первого порядка гладкости. Преимуществом полученной модели есть то, что она позволяет проводить расчёты площадей обводов гиперболо-эллиптических 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.