

М.О. Ходак, В.В. Ситниченко

**ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБВОДІВ ПЕРЕРІЗІВ КАНАЛОВИХ ПОВЕРХОНЬ ПОВІТРОЗАБІРНИКІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ, ОРІЄНТОВАНЕ НА МАШИННІ АЛГОРИТМИ**

*Показано застосування машинних алгоритмів на деяких окремих етапах геометричного моделювання внутрішніх обводів характерних перерізів каналових поверхонь повітрязабірників авіаційних газотурбінних двигунів.*

При проектуванні силової установки літака важливе місце відводиться проектуванню повітрязабірників авіадвигунів, які впливають значною мірою на його економічність, стійку роботу, лобовий опір літального апарата взагалі. Геометричне моделювання поверхонь повітрязабірників газотурбінних двигунів літального апарата передбачає геометричне моделювання зовнішніх і внутрішніх каналових поверхонь. Профілювання зовнішнього обводу повітрязабірника повинно забезпечити літальному апарату мінімальний лобовий опір, а оптимальне профілювання внутрішніх обводів в характерних перерізах (ХП) повітряного каналу – високі значення коефіцієнта відновлення повного тиску ( $\sigma_{вк} = 0,97-0,98$ ) і рівномірне поле швидкостей на вході в компресор газотурбінного двигуна, що досягається безвідривним протіканням повітря в його каналовій поверхні.

На рис. 1 показані різні вхідні геометричні форми внутрішніх і зовнішніх обводів повітрязабірників сучасних силових установок літаків.

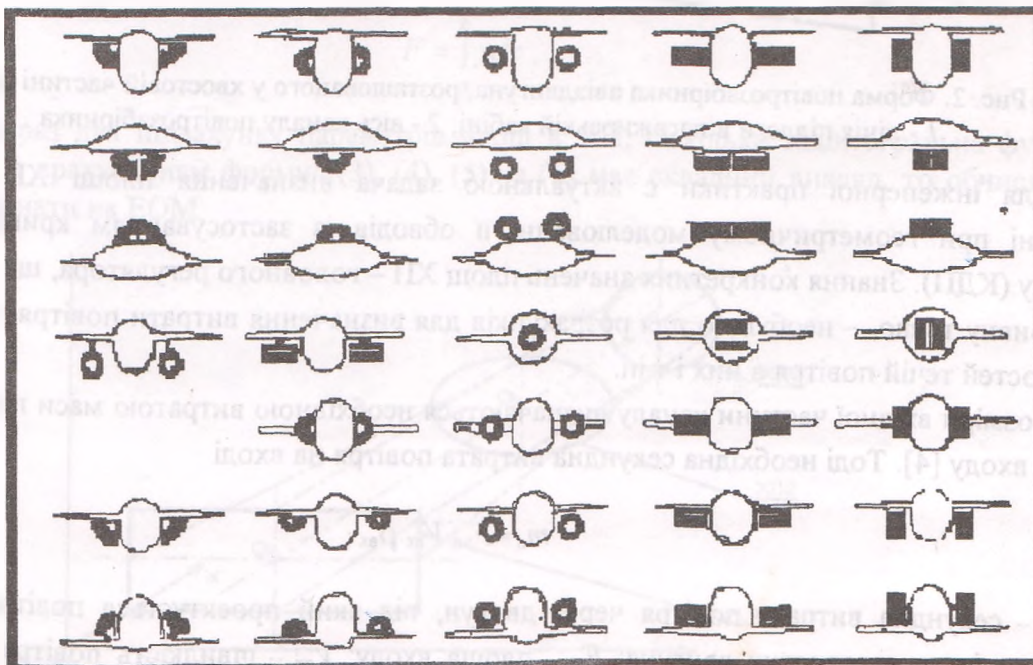


Рис. 1. Види геометричних форм вхідних каналів повітрязабірників і їх компонування на літальному апараті



На сьогодні є ще недостатньо досліджене і розроблене геометричне моделювання різних форм обводів ХП каналових поверхонь, що мають вісь повітрозабірника як у вигляді прямої лінії, так і у вигляді плоских і просторових кривих ліній, орієнтоване на застосування машинних алгоритмів при їх проектуванні; недостатньо досліджене взаємне узгодження машинних алгоритмів аеродинамічних розрахунків і алгоритмів, які характеризують газодинамічні параметри газотурбінного двигуна, з машинними алгоритмами геометричного моделювання обводів ХП [1-5].

На рис. 2 показаний викривлений канал повітрозабірника, який мають літаки Як-40, Ту-154 та інші.

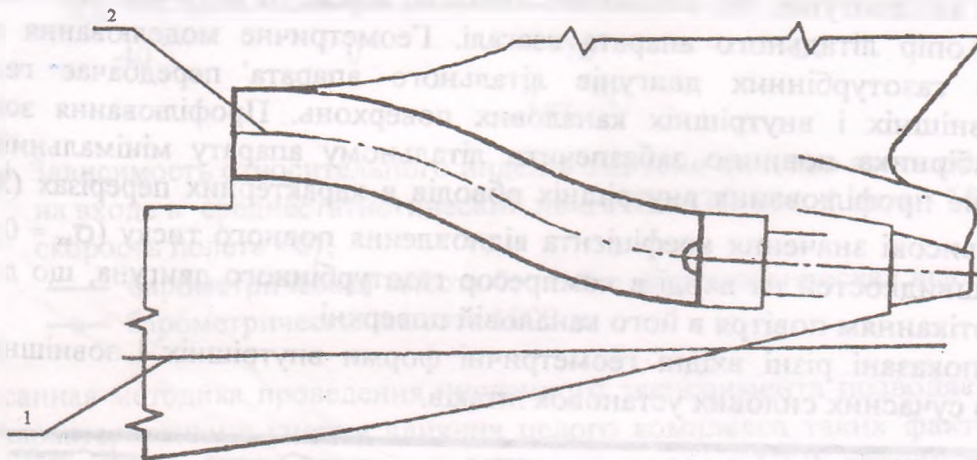


Рис. 2. Форма повітрозабірника авіадвигуна, розташованого у хвостовій частині фюзеляжу:  
1 - лінія підлоги в пасажирській кабіні; 2 - вісь каналу повітрозабірника

Для інженерної практики є актуальною задача визначення площі ХП каналової поверхні при геометричному моделюванні її обводів із застосуванням кривих другого порядку (КДП). Знання конкретних значень площі ХП – головного регулятора, що забезпечує безвідригну течію, – необхідно для розрахунків для визначення витрати повітря, епюр полів швидкостей течій повітря в них і т.ін.

Розміри вхідної частини каналу визначаються необхідною витратою маси повітря через площу входу [4]. Тоді необхідна секундна витрата повітря на вході

$$m_{\text{п}} = F_{\text{вх}} V_{\text{вх}} \rho_{\text{вх}}, \quad (1)$$

де  $m_{\text{п}}$  – секундна витрата повітря через двигун, під який проектується повітрозабірник і задається із характеристик двигуна;  $F_{\text{вх}}$  – площа входу;  $V_{\text{вх}}$  – швидкість повітря на вході у повітрозабірник;  $\rho_{\text{вх}}$  – щільність повітря на вході.

При проектуванні дозвукових повітрозабірників їхні параметри вибираються для основного режиму польоту [1]. Формула для підрахунку необхідної площі на вході витікає із формули (1)

$$F_{\text{вх}} = m_{\text{в}} / V_{\text{вх}} \rho_{\text{вх}}. \quad (2)$$

Розглядаємо геометричне моделювання внутрішніх обводів ХП за наперед заданими геометричними параметрами форм каналу на вході і виході. Наприклад, повітрязабірник на вході має форму каналу у вигляді прямокутника, а на виході - форму кола, діаметр якого дорівнює діаметру входу компресора ГТД (рис. 3). Для геометричного моделювання обводів ХП використовуємо КДП, що описуються рівняннями кола, еліпса, гіперболи і параболи відповідно:

$$x^2 + y^2 = r^2; \quad (3)$$

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1; \quad (4)$$

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1; \quad (5)$$

$$y^2 = 2px \quad (6)$$

або їх комбінацію. При цьому найбільш доцільно геометричне моделювання виконувати із використанням машинних алгоритмів на окремих етапах проектування внутрішніх і зовнішніх обводів каналової поверхні та їх взаємного узгодження надалі з аеродинамічними і аеродинамічними характеристиками газотурбінних двигунів.

Як видно з рис. 3 при проектуванні каналової внутрішньої поверхні повітрязабірника необхідно знати параметри площі ХП, обводами яких є КДП. Підставляючи формули (3), (4), (5) та (6) у формулу

$$F = \int_a^b y dx, \quad (7)$$

отримаємо вираз для підрахунку параметрів площ в ХП. Оскільки підінтегральна функція формули (7) із врахуванням формул (3), (4), (5) та (6) має складний вигляд, то обчислення доцільно виконати на ЕОМ.

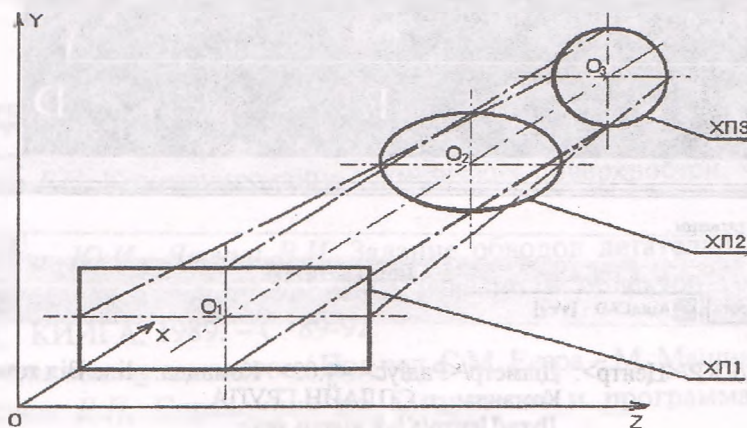


Рис. 3. Аксонометричне зображення набору ХП каналової поверхні

Для обчислень площ ХП за формулою (7) слід застосовувати програму числового інтегрування за методом Ньютона-Котеса або за методом Чебишова, побудовану на мові програмування Бейсик [5].



У разі визначення площі ХП як суми площі трикутника  $OBE$  і площі сегмента  $OE_1BO$  (рис. 4) актуальним для інженерної практики є обчислення площі сегмента, що залежить від дискримінанта КДП. У цьому випадку після деяких перетворень формули (7) для кожного рівняння КДП отримуємо формули, що дозволять визначити площу сегмента  $OE_1BO$ , залежно від дискримінанта  $d$ . Для одиничної ортогональної системи координат формули мають вигляд, наприклад,

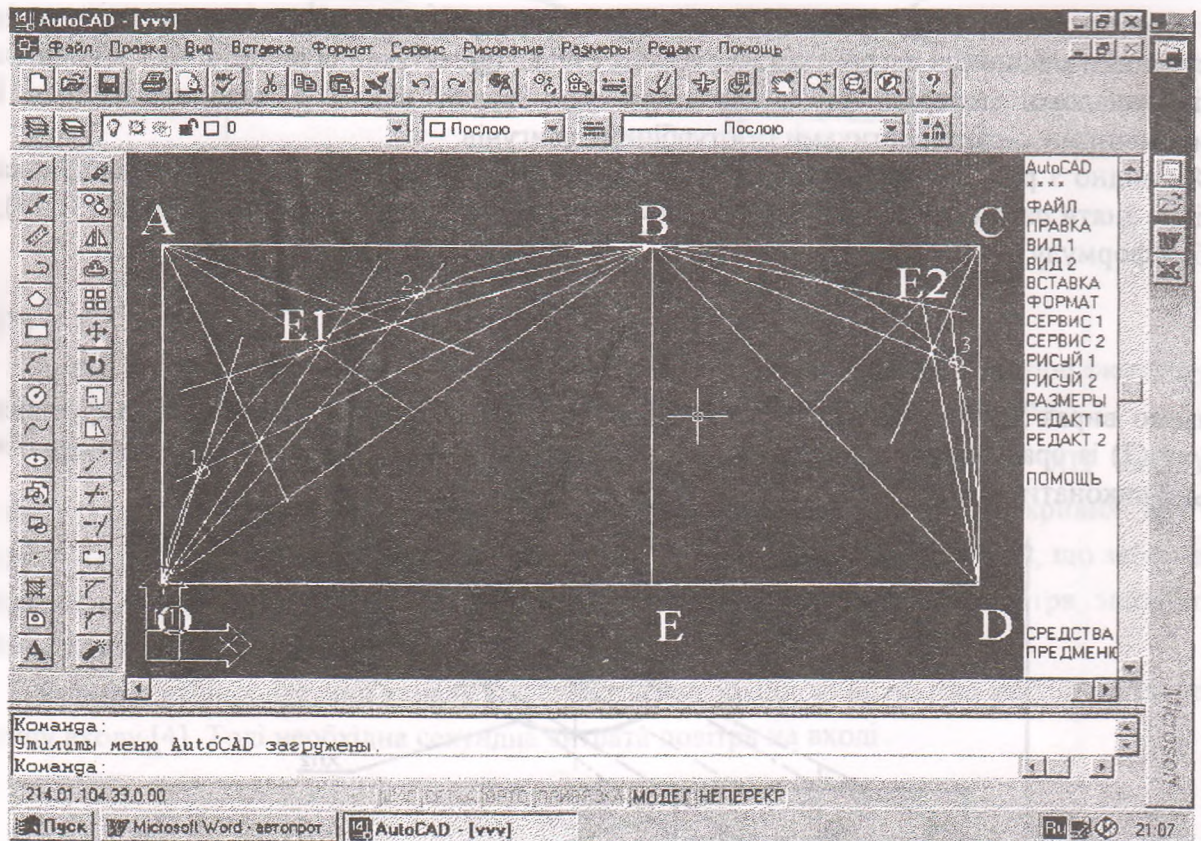
для сегмента з еліптичним обводом

$$F_{\text{елл}} = \frac{d^2}{2d-1} + \frac{d(1-d)^2}{(1-2d)\sqrt{1-2d}} \arcsin \frac{\sqrt{1-2d}}{1-d}; \quad (8)$$

для сегмента з гіперболічним обводом

$$F_{\text{гип}} = \frac{d^2}{2d-1} - \frac{d(1-d)^2}{(2d-1)\sqrt{2d-1}} \ln \frac{d+\sqrt{2d-1}}{1-d}; \quad (9)$$

З метою скорочення часу для викреслювання обводів ХП пропонуємо дану процедуру виконувати із застосуванням пакета ACAD-14 (рис. 4) [6].



Команда: `_circle 3T/2T/ККР/<Центр>`: Діаметр/<Радіус> `<4.02>`; Команда: `_line` Від точки: 50,50  
 Напрям дотичної: Команда: `_u` СПЛАЙН ГРУПА  
 Команда: `_ellipse` Дуга/Центр/<1-й кінець осі>:  
 Дуга/Центр/<1-й кінець осі>: 2-й кінець осі:  
 <Довжина іншої осі> Поточний текстовий стиль: STANDARD.  
 Команда: `_mtext` Висота тексту: 2.5 Текст: A

Рис. 4. Робоче вікно і фрагмент протоколу файла "vvv" пакета ACAD-14



На рис. 5 показано геометричне моделювання XII внутрішнього обводу повітрязабірника, який описується комбінацією кускових КДП.

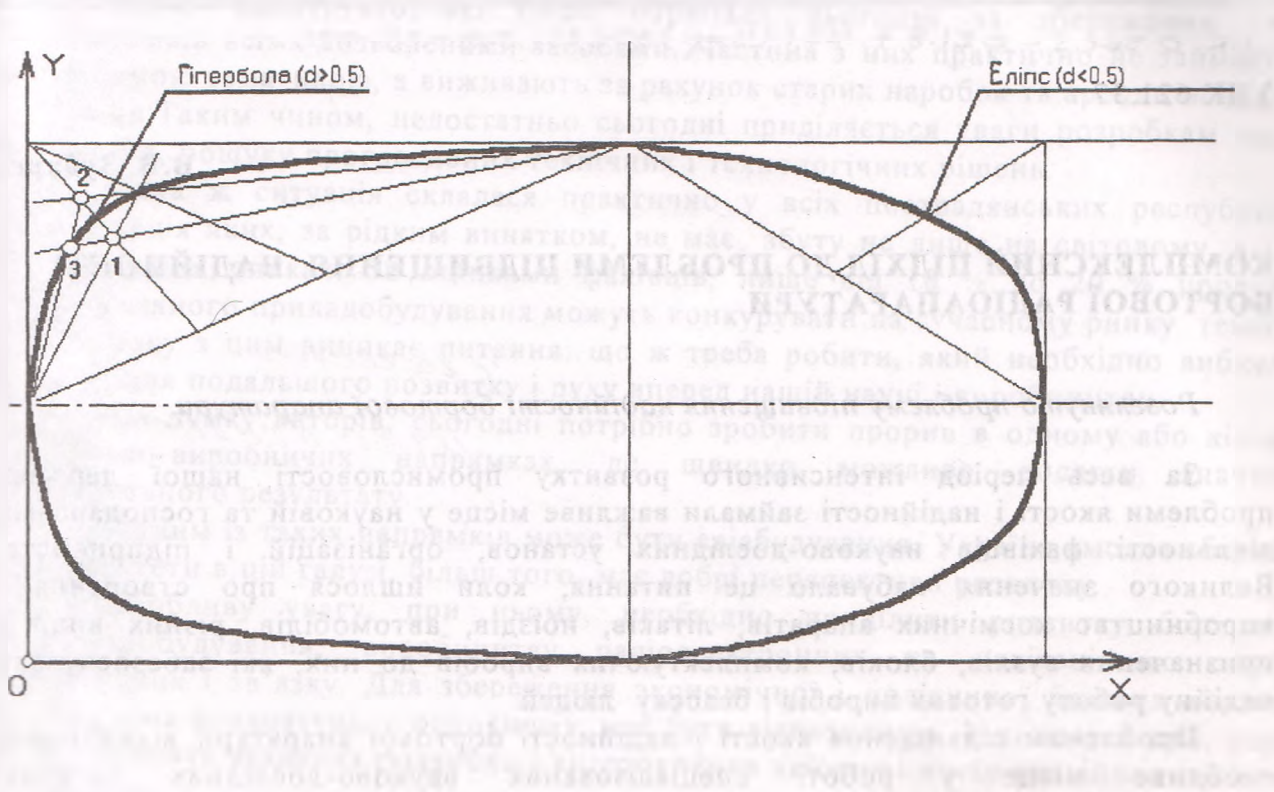


Рис. 5. Геометричне моделювання XII внутрішнього обводу повітрязабірника

Як показує досвід, необхідність розробки і застосування комп'ютерних технологій при геометричному моделюванні обводів XII різних форм каналових поверхонь повітрязабірників і взаємного їх узгодження з машинними алгоритмами, які характеризують аеродинамічні і газодинамічні параметри силової установки, дозволяє в значній мірі скорочувати як час, так і матеріальні витрати, а також кількість дослідних зразків повітрязабірників на стадії проектування для авіаційних газотурбінних двигунів сучасних літальних апаратів.

#### Список літератури

1. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
2. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей. – М.: Машиностроение, 1987. – 188 с.
3. Денискин Ю.И., Якунин В.И. Задание обводов летательных аппаратов полиномом Безье // Геометрическое конструирование изделий и объектов гражданской авиации. Сб. научн. тр. – К.: КИИГА, 1989. – С. 89-92.
4. Проектирование самолётов / Под ред. С.М. Егера – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
5. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 240 с.
6. Трошина Т.Ю. AutoCAD 14 / Э.Т. Романычева, Т.М. Сидорова, С.Ю. Сидоров – М.: ДМК, 1999. – 510 с.

Стаття надійшла до редакції 25 вересня 1999 року.