

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БАЗОВОЇ ГЕОМЕТРІЇ КРИЛА ЛІТАКА

### Вступ

На теперішньому етапі розвитку літакобудування актуальну науково-прикладну проблему становлять задачі подальшого підвищення ефективності проектування авіаційної техніки. Один із шляхів розв'язання цих питань полягає у створенні нових продуктивних методів комп'ютерного варіантного формоутворення. Для сучасного літака найважливішим агрегатом його планера є крило, від якості якого значним чином залежать більшість техніко-економічних характеристик усього даного виробу.

Базова геометрія визначає головні параметри форми та розмірів літального апарата, завдяки чому постає інтегруючою основою для автоматизованого опрацювання різноманітних інженерних завдань на всіх стадіях його життєвого циклу. Загальні відомості про розробку базової геометрії літака в умовах широкого впровадження у практику комп'ютерних інформаційних технологій подано у праці [1]. Про потребу застосування багатоваріантних моделей свідчить стаття [2], в якій зазначається, що під час проектування нового літака АН-148 фірми "Антонов" тільки для фізичних аеродинамічних експериментів виготовили 5 різновидів крила. Звичайно, відповідних обчислювальних моделей досліджено було більше, особливо коли врахувати питання міцності, технології, експлуатації і т. д. Доцільність використання базової геометрії як основи для конструювання деталей, вузлів і панелей крила підтверджується, зокрема, публікаціями [3 5].

### Постановка задачі

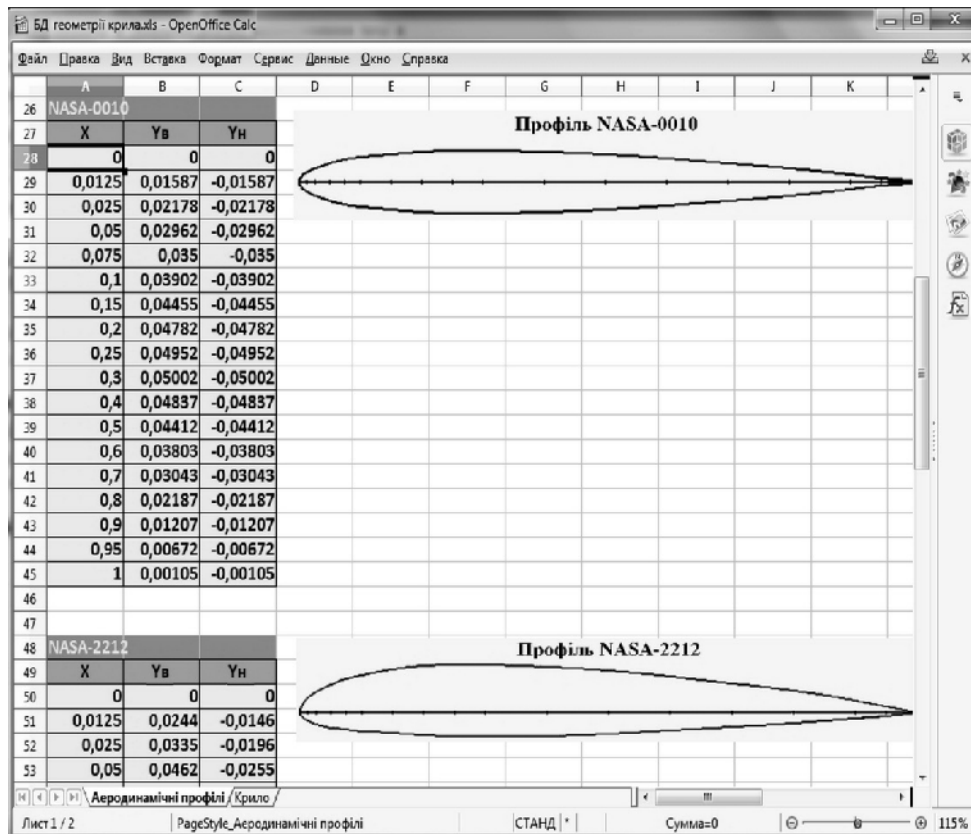
Подати нові прийоми варіантного формоутворення базової геометрії крила літака в середовищі систем автоматизованого проектування на прикладі інтегрованого застосування програмних пакетів SolidWorks та OpenOffice Calc.

Здійснити узагальнення отриманих результатів, визначити перспективи їх практичного впровадження, окреслити напрямки подальшого розвитку виконаних наукових досліджень щодо комп'ютерного моделювання авіаційної техніки.

## Автоматизована варіантна розробка базової геометрії крила літака

Стратегічний напрямок запропонованого підходу до варіантного автоматизованого проектування базової геометрії крила полягає в наскрізній інтеграції всіх стадій його опрацювання. Це стосується аеродинамічного моделювання, розрахунків на міцність, конструювання, технології виготовлення та експлуатації тощо.

Вихідними даними для формоутворення є аеродинамічні профілі (рис. 1, а) та основні геометричні параметри варіантів крила (рис. 1, б).



*a*

Крило 1							Характерист	
Вар.	Хорда b0, мм	Масшт. Y	Вст. α, град				Варианти крила	Площа, м2
1	4000	1,2	1				Крило 1 Вар. 1-1	50,00
2	4200	1,1	2				Крило 1 Вар. 1-3	53,90
3	3800	0,9	3				Крило 1 Вар. 2-2	47,70
							Крило 1 Вар. 2-3	56,10
							Крило 1 Вар. 3-1	48,00
							Крило 1 Вар. 3-3	51,70
							Крило 1 Вар. 2-1	52,00

Крило 2							Характерист	
Вар.	Хорда bk, мм	Масшт. Y	Вст. α, град	L/2, мм	Зміщ. X, мм	Встан. H, мм	Варианти крила	Площа, м2
1	1000	1,2	0	10000	3000	0	Крило 2 Вар. 1-1	45,60
2	1100	0,8	-1	9000	2800	-50	Крило 2 Вар. 1-3	50,40
3	900	1,1	-2	11000	3500	100	Крило 2 Вар. 2-2	50,00
							Крило 2 Вар. 2-3	51,45

*б*

Рис. 1. База даних геометрії крила:

*a* – аеродинамічні профілі, *б* – варіанти крила

Зазначена інформація зберігається у формалізованому вигляді в реляційній базі даних, яку реалізовано за допомогою OpenOffice Calc. Аеродинамічні профілі подаються в нормалізованому дискретному вигляді на одиничній хорді координатами точок верхнього та нижнього обводів, додатково ілюструються відповідними графічними зображеннями. Варіанти лінійчастого крила характеризуються використаними корневими та кінцевими перерізами, тобто застосованими аеродинамічними профілями, величинами їх хорд, коефіцієнтами поперечного масштабування та кутами атаки. Додатково для розташування кінцевих перерізів використовуються параметри, які визначають розмах крила, його стрілоподібність та кут поперечного V. Для кожного з отриманих таким чином варіантів несучої поверхні автоматизовано розраховуються наступні характеристики:  $S$  – площа;  $\lambda$  – видовження;  $\eta$  – звуження;  $\chi$  – кут стрілоподібності;  $V$  – кут поперечного V. Формули для їх визначення мають вигляд:

$$S = \frac{b_0 + b_k}{2} \cdot L, \lambda = \frac{L^2}{S}, \eta = \frac{b_0}{b_k},$$

$$\chi = \arctg\left(\frac{2X}{L}\right) \frac{180^\circ}{\pi}, V = \arctg\left(\frac{2H}{L}\right) \frac{180^\circ}{\pi},$$
(1)

де  $b_0$  та  $b_k$  – коренева та кінцева хорда,  $L$  – розмах крила,  $X$  та  $H$  – зміщення кінцевого перерізу відповідно вздовж поздовжньої та вертикальної осей літака.

Згідно з виразами (1) потрібні величини автоматизовано обчислюються й заносяться в базу даних геометричних параметрів і характеристик проектних варіантів несучої поверхні, що розглядається.

На рис. 2. показано деякі приклади комп'ютерних моделей базової геометрії крила.

Перше зображення ілюструє побудову неперервного обводу аеродинамічного профілю за вихідним дискретним його поданням. Отриманий таким чином замкнений контур слугує базою для подальшого формування на його основі варіантів корневих і кінцевих перерізів створюваного крила. Останні різняться між собою застосованими хордами, коефіцієнтами поперечного масштабування, кутами атаки.

Рис. 2, б демонструє один із проектних варіантів теоретичної поверхні крила, геометричні параметри та характеристики якої значною мірою визначаються не тільки видом використаного кінцевого аеродинамічного профілю, його масштабуванням, кутом атаки, а й положенням уздовж поздовжньої, вертикальної та поперечної осей літака. Кількісно оцінити взаємозв'язок цих величин дають змогу співвідношення (1). Зазначимо, що наведені вище геометричні параметри та характеристики мають суттєвий вплив на більшість тактико-технічних показників якості (аеродинамічних, міцності, конструктивних, виробничих, експлуатаційних тощо) не тільки крила, а і всього літального апарата, який розробляється

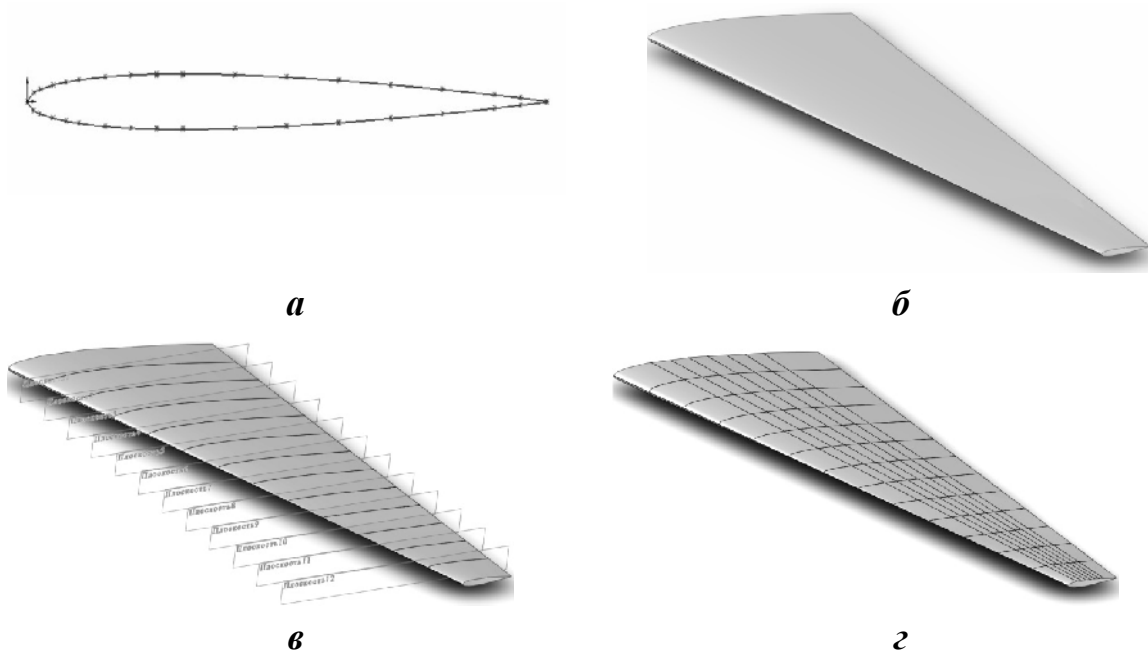


Рис. 2. Приклади комп'ютерних моделей базової геометрії крила літака: а – аеродинамічний профіль, б – теоретична поверхня крила, в – побудова слідів нервюр, г – бази

### конструктивно-силового набору

Наступною стадією ітераційного варіантного проектування крила літака є питання опрацювання його конструктивно-силового набору (нервюр, лонжеронів і стрингерів).

На рис. 2, в показано побудову слідів площин нервюр, розташування яких уздовж розмаху та їх кількість визначається відповідною інформацією в базі даних крила. Зауважимо, що ці величини можуть формуватися як безпосередньо проектувальником, так і заповнюватися згідно з виконаними розрахунками, наприклад, на міцність і жорсткість тощо.

Подальший момент комп'ютерного моделювання базової геометрії крила літака полягає у визначенні слідів лонжеронів і стрингерів (рис. 2, з). Керування процесом автоматизованого формоутворення в цьому разі теж здійснюється відповідно до таких значень бази даних як число лонжеронів і стрингерів та розташування їх площин у просторі.

Описані алгоритми побудови елементів геометрії крила літака реалізуються завдяки наявності в електронних таблицях OpenOffice Calc і системі автоматизованого проектування SolidWorks засобів програмування у вигляді OpenOffice Basic та Microsoft Visual Basic.

### **Висновки**

Викладені вище прийоми комп'ютерного варіантного формоутворення несучої поверхні засвідчують можливість підвищення якості проектування технічних об'єктів за рахунок значного збільшення проаналізованих альтернативних структурно-параметричних варіантів. При цьому трудомісткість зазначених процесів, порівняно з традиційними, навіть, суттєво зменшується.

Завдяки універсальному характеру розглянутий підхід доцільно поширити на інші етапи і стадії створення літака, зокрема, його конструювання, виробництво та експлуатацію. Таким чином, застосування автоматизованих способів геометричного моделювання здатне слугувати підґрунтям для раціонального узгодження наявних протиріч між різними технічними дисциплінами під час ітераційної комплексної оптимізації складних промислових виробів.

### **Список використаної літератури**

1. *Ванин В. В.* Разработка компьютерных моделей базовой геометрии самолета с использованием современных информационных технологий [Текст] / В. В. Ванин, Г. А. Вирченко, Я. И. Ткачевский // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов. Вып. 42. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2009. – С. 82-86.

2. *Центило Н. П.* Проектирование и производство аэродинамических моделей самолетов с применением стратегии полного электронного определения изделия [Текст] / Н. П. Центило, В. И. Косяченко, Р. П. Конопацкий, В. А. Кудрявцев // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов. Вып. 44. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2009. – С. 5-11.
3. *Миронов О.Ю.* Моделирование откидной панели крыла, выполненной из композиционных материалов, при помощи системы CAD/CAM/CAE «Unigraphics» [Текст] / О. Ю. Миронов // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов. Вып. 41. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2009. – С. 18-26.
4. *Ванін В. В.* Структурно-параметричні геометричні моделі як основа для узгодженої розробки літака на стадії ескізного проектування [Текст] / В. В. Ванін, Г. А. Вірченко, І. В. Ванін // Наукові вісті НТУУ «Київський політехнічний інститут». Теоретичні та прикладні проблеми фізико-математичних наук. – №4, 2006. – С. 35-41.
5. *Вірченко Г. А.* Структурно-параметричне твердотільне геометричне моделювання стояків планера літака [Текст] / Г. А. Вірченко, В. В. Ванін, В. Г. Вірченко // Праці Тавр. держ. агротех. університету. – Вип. 4. Прикл. геом. та інж. граф. – Т. 37. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – С. 83-91.