

УДК 004.925.8:629.7

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ КРИЛА В КОНТЕКСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЛІТАКА З УРАХУВАННЯМ ЗМІНЮВАНИХ ПАРАМЕТРІВ

Ванін В.В., д.т.н.,
Незенко А.Й., аспірант*

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)*

У статті проаналізовано деякі особливості моделювання поверхонь крила літака з урахуванням змінюваних протягом життєвого циклу виробу параметрів. Подані матеріали слугують теоретичною основою для розробки комп'ютерних програмних засобів автоматизованого формоутворення.

Ключові слова: геометричне моделювання, життєвий цикл літака, стапельна конфігурація, польотна конфігурація, стоянкова конфігурація, скрут крила.

Постановка проблеми. Для досягнення оптимальних льотних характеристик літака на всіх режимах польоту поверхня крила формується зі скрутом поперечних перерізів уздовж розмаху. Це обумовлено необхідністю збереження несучих властивостей крила при змінюванні кута атаки. Для запобігання зриву потоку поверхня крила формується зі скрутом поперечних перерізів уздовж розмаху так, щоб при збільшенні кута атаки кінцеві поверхні крила зберігали несучі властивості та забезпечували необхідну ефективність елеронів для управління літаком.

У зв'язку з тим, що процеси, які відбуваються в конструкції складного технічного виробу при деформаціях вивчені недостатньо, дослідження змін геометричних параметрів потребує опрацювання великої кількості проектних різновидів крила, моделювання крила за фактичними контрольними даними виготовлення та експлуатації.

Отже, моделювання крила сучасного літака може відбуватись лише з урахуванням усього життєвого циклу виробу (ЖЦВ) в контексті процесів інших технічних дисциплін. Таке моделювання забезпечується застосуванням сучасних засобів підтримки ЖЦВ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З метою підвищення ефективності автоматизованого проектування різноманітних технічних об'єктів науковою школою прикладної геометрії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» напрацьовано методологію структурно-параметричного

* Науковий керівник – д.т.н., професор Вірченко Г.А.

формоутворення, яка широко використовується, зокрема, для розробки літаків [1-3]. При цьому важливим для подальших наукових досліджень є напрямок пошуку нових продуктивних методів, способів, прийомів та алгоритмів геометричного моделювання, що забезпечують одержання оптимальних інтегральних характеристик з урахуванням усього життєвого циклу літака.

Формулювання цілей статті. Завдання публікації полягає в систематизації процесів геометричного моделювання складних технічних виробів упродовж життєвого циклу в контексті процесів багатьох технічних дисциплін для реалізації в сучасних засобах підтримки ЖЦВ.

Основна частина. Побудова моделі крила здійснюється шляхом ітераційного структурно-параметричного оптимального формоутворення в контексті життєвого циклу літака [1]. Для визначення та формалізації процесу формоутворення в ЖЦВ необхідно створити функціональну модель процесу геометричного моделювання, яку рекомендується розробляти у відповідності до міжнародного стандарту IDEF0.

На рис.1 наведено укрупнену схему процесу геометричного моделювання крила літака впродовж ЖЦВ.

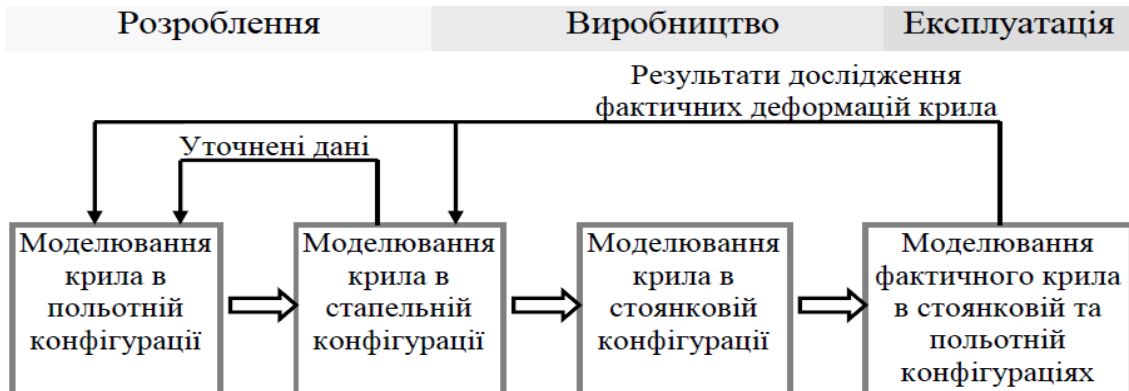


Рис.1. Схема процесного геометричного моделювання крила літака протягом ЖЦВ

На схемі показано поділ процесу моделювання крила на 4 підпроцеси. Принципи моделювання в підпроцесах аналогічні, але вони відбуваються на різних стадіях ЖЦВ і враховують змінювані параметри, що визначають льотні характеристики виробу.

Вхідними даними для моделювання крила є профілі P , площа крила S , видовження λ , кут стрілоподібності ψ , скрут ε та кут φ поперечного V крила. Похідними геометричними параметрами від вказаних вище є довжини хорд профілів l_x , розмах L , звуження η та координати x, y, z установки профілів у декартовій системі координат.

При цьому такі параметри як профілі, площа, видовження, стрілоподібність можуть змінюватись лише у процесі вибору оптимального варіанта крила на попередніх стадіях та етапах проектування і вважаються незмінними на стадіях робочого проектування, виробництва та експлуатації. Скрут крила та кути поперечного V є змінюваними як у процесі вибору оптимального варіанта крила на початкових стадіях проектування, так і на наступних стадіях ЖЦВ при виготовленні та під час експлуатації.

Запишемо кортеж параметрів крила

$$P_k = (P, S, \lambda, \phi, \varepsilon, \varphi, lx, L, \eta, x, y, z). \quad (1)$$

З них початкові параметри

$$P_{k_{поч}} = (P, S, \lambda, \phi, \varepsilon, \varphi), \quad (2)$$

залежні параметри

$$P_{k_{зал}} = (lx, L, \eta, x, y, z), \quad (3)$$

незмінювані параметри в ЖЦВ

$$P_{k_{const}} = (P, S, \lambda, \phi, lx, L, \eta), \quad (4)$$

змінювані параметри в ЖЦВ

$$P_{k_{змін}} = \{\varepsilon, \varphi, x, y, z\}. \quad (5)$$

Розглянемо як приклад використання формул (1) ... (5) змінювання параметра скруту ε при геометричному моделюванні крила в ЖЦВ. Кутом скруту називають кут між хордою поточного перетину крила та хордою бортового перетину. Для кожної з конфігурацій крила, які моделюються на різних стадіях ЖЦВ, параметри скруту мають різні значення і визначаються розрахунковими засобами. На рис. 2 показано скрут поточних перетинів у залежності від конфігурації крила.

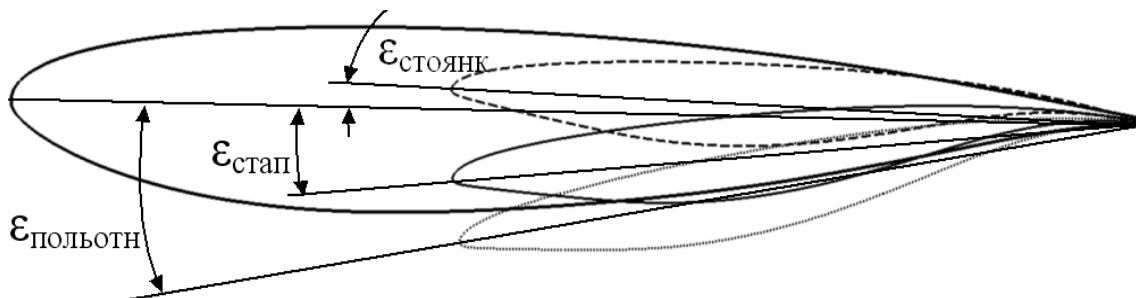


Рис. 2. Скрут крила

(розташування поточного профілю в залежності від конфігурації крила для наочності суміщено по лінії 100% хорд)

Моделювання крила відбувається методами кінематичного

формоутворення. Для відтворення фактичних геометричних параметрів літального апарата значення кутів скруту ε визначаються за результатами контрольних обмірів літака після виготовлення та під час експлуатації. Для цього в конструкції літака передбачаються спеціальні мітки (реперні точки). На рис. 3 зображено результат процесного геометричного моделювання крила.

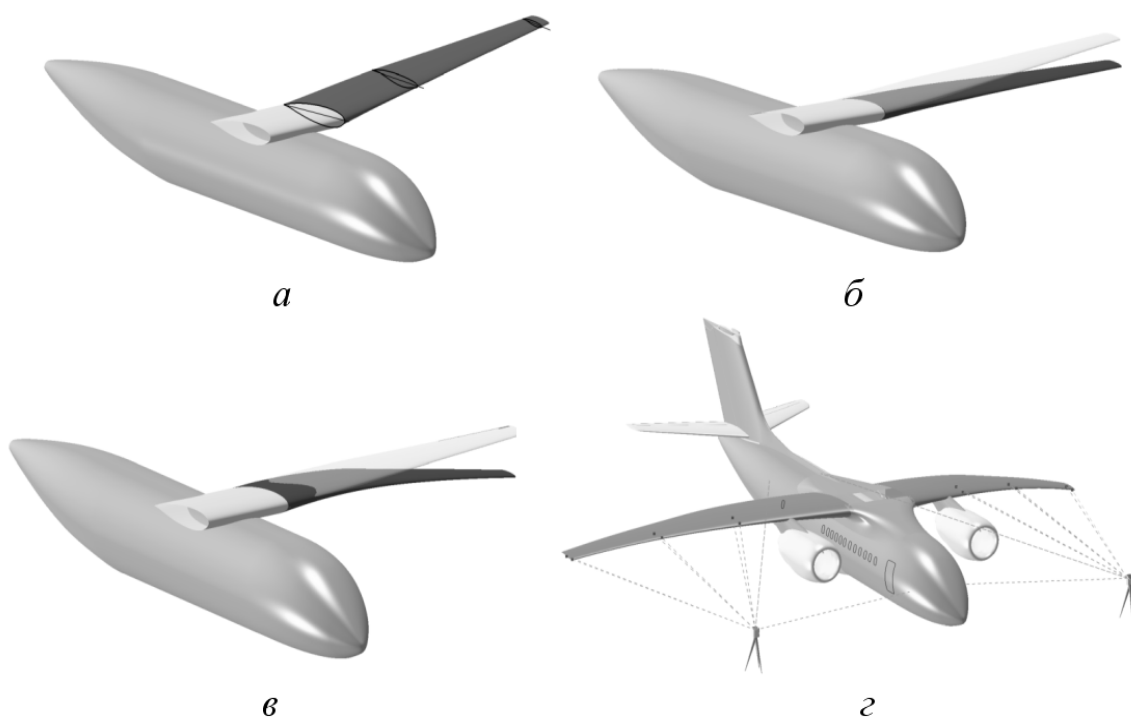


Рис.3. Процесне геометричне моделювання крила:

а – модель польотної конфігурації крила; *б* – модель стапельної конфігурації крила; *в* – модель стоянкової конфігурації крила; *г* – обмір крила з допомогою координатно-вимірювальної машини для формування моделі фактичного крила у стоянковій конфігурації

Оскільки кути скруту разом з іншими геометричними параметрами визначають форму крила, варіювання ними призводить до змінювання функціональних параметрів і характеристик даного агрегату.

Висновки. При запропонованому підході до геометричного моделювання крила літака процеси на всіх стадіях та етапах життєвого циклу можна об'єднати в єдиний наскрізний процес, що дозволяє визначити оптимальні характеристики та підвищити якість проектування та виготовлення літака. Перспективними напрямками проведення подальших наукових досліджень можна вважати практичне впровадження напрацьованих результатів.

Література

1. Ванін В.В. Особливості геометричного моделювання поверхні крила в аспекті життєвого циклу літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, А.Й. Незенко // Вісник ХНТУ. – Вип. 3(62).Т.2. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 260-263.
2. Ванін В.В. Структурно-параметричні геометричні моделі як засіб інтеграції автоматизованого проектування сучасного літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко // Вісник ХНТУ. – Вип. 3(50). – Херсон: ХНТУ, 2014. – С. 571-574.
3. Ванін В.В. Комп'ютерні структурно-параметричні геометричні моделі як засоби конструкторсько-технологічної оптимізації літака / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, О.В. Збруцький // Механіка гіроскопічних систем. – Вип.27. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2014. – С. 111-119.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРЫЛА В КОНТЕКСТЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА САМОЛЕТА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

Ванин В.В., Незенко А.И.

В статье проанализированы некоторые особенности моделирования поверхностей крыла с учетом изменяемых в процессе жизненного цикла изделия параметров. Представленные материалы служат теоретической основой для разработки компьютерных программных средств автоматизированного формообразования.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, жизненный цикл самолета, стартовая конфигурация, полетная конфигурация, стояночная конфигурация, крутка крыла.

GEOMETRICAL MODELING OF WING THEORETICAL SURFACES IN LIFE CYCLE AIRPLANE CONTEXT TAKING INTO ACCOUNT VARIABLE PARAMETERS

Vanin V., Nezenko A.

The article analyzes some modeling features of airplane wing surfaces, taking into account the variable parameters that change during the life cycle of the product. The presented materials serve as a theoretical basis for the development of computer software for automated shaping.

Key words: geometrical modeling, airplane's life cycle, stack configuration, flight configuration, parking configuration, wing twist.