

УДК: 681.327+656.34

Н.П. Зінченко

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МОДЕЛЕЙ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

НАУ, кафедра комп'ютеризованих систем захисту інформації, e-mail:midnight@i.com.ua

Розглянуто наукові результати, практичну цінність і реалізацію засобів і методів інформаційної технології тензометричних експериментальних досліджень моделей літальних апаратів в аеродинамічних трубах.

Вступ

Тензометричні експериментальні дослідження (ЕД) моделей літальних апаратів (МЛА) в аеродинамічних трубах (АДТ) – одні з методів визначення аеродинамічних коефіцієнтів літальних апаратів (ЛА). Основний напрям вирішення цієї проблеми – створення проблемно-орієнтованої інформаційної технології (ІТ), яка інтегрує знання і дані, отримані в процесі досліджень, та забезпечує їх якість. Тому розробка методів і засобів компонентів (інформаційного, методичного, програмного, технічного, організаційного) ІТ тензометричних ЕД МЛА це актуальна наукова прикладна задача.

Постановка задачі

Проблема створення ІТ тензометричних ЕД в АДТ базується на протиріччі між існуючими і необхідними методами і засобами, що відповідає задачі розробки пристроїв, систем і методів для визначення аеродинамічних коефіцієнтів ($c_x, c_y, c_z, m_x, m_y, m_z$) ЛА на етапах їх проектування, виробництва й експлуатації [1].

Мета роботи – розробка методів і засобів, що забезпечить ефективно вирішення задач проектування компонентів проблемно-орієнтованої ІТ і дозволить на новому якісному рівні реалізувати технологію тензометричних ЕД МЛА.

Для досягнення мети необхідно дослідити проблематику створення проблемно-орієнтованої ІТ, розробити методи проектування компонентів ІТ, розробити методи і засоби методичного та програмного компонентів ІТ, вирішити задачі проектування компонентів ІТ тензометричних ЕД МЛА в АДТ, дослідити ефективність застосування ІТ в проектних дослідженнях (ПД) ЛА.

Об'єкт дослідження – ІТ тензометричних ЕД МЛА в АДТ. Предмет дослідження – методи і засоби ІТ тензометричних ЕД МЛА в АДТ.

Для дослідження ІТ використано методи системного аналізу, проектування ІТ і експертної оцінки. лінійної алгебри, математичної статистики, числові, структурного й об'єктно-орієнтованого програмування, побудови комп'ютерних систем і мереж, баз даних (БД), теорії графів, теорії алгоритмів;

Методи і засоби аналізу

Проектні дослідження ЛА можна реалізувати за допомогою ІТ, яка дозволяє виконувати ПД найбільш ефективно [1]. Якщо позначити додаткові знання, які необхідні для реалізації проекту P , через H , інформацію (знання) і частку поліпшення проекту, які отримані на i -му кроці ПД, h_i, p_i , необхідний рівень знань (інформації) і проекту ЛА на i -му кроці ПД $\Delta h_i, \Delta p_i$, значення і напрям ПД λ_i , допустимі рівні, непогодженість і незнання проекту $\delta P, \delta H$, то ІТ ПД забезпечує гарантоване поліпшення проекту ($p_{i+1} \geq p_i$) за рахунок цілеспрямованого поліпшення знань ($h_{i+1} \geq h_i$).

Прогнозування λ_i виконується на підставі апріорної інформації, що дозволяє одержати очікуваний проект P за кінцеву кількість кроків, тобто

$$\lambda_{i+1} = \psi \left(\lambda_i, \bigcup_{k=0}^i h_k, \bigcup_{k=0}^i p_k \right),$$

$$\text{де } h_{i+1} = \psi(\lambda_i, h_i, p_i), \quad p_{i+1} = \varphi(\lambda_i, h_i).$$

Інформаційна технологія ПД організовує процес набуття знань (інформації) $H = \lim_{i \rightarrow \infty} h_i$, які дозволяють розробити заданий проект, тобто $P = \lim_{i \rightarrow \infty} p_i$. Проектні дослідження припиняються

за умови $|p_{i+1} - p_i| \leq \delta P$.

Для системного аналізу тензометричних ЕД в АДТ розроблений метод, в основу якого покладено стратифікований опис, що дозволяє виділити конкретні аспекти і процеси ЕД в АДТ, і виконується по таких рівнях: опис структур ЕД – страта 1, визначення характеристик функцій, які забезпечують виконання ЕД, обробку, аналіз та інтерпретацію даних експериментів (ДЕ) – страта 2, виявлення джерел економічної ефективності ІТ – страта 3.

Кожна страта характеризує визначений аспект ЕД і має свій набір інструментальних засобів аналізу [1]. Для визначення проєкцій вектора (компоненти) повної сили (X, Y, Z) і вектора повного моменту (M_x, M_y, M_z) на МЛА використовують аеродинамічні тензометричні ваги (АТВ).

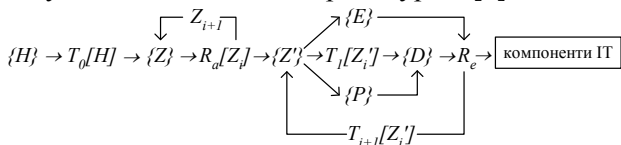
До вагових елементів (ВЕ) належать тензорезистори і тензодатчики (ТД). Визначення X, Y, Z, M_x, M_y, M_z виконують з використанням їх математичних моделей (ММ):

$$Y_j = \varphi(X_i, i=1, 2, \dots, m), j=1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

$$X_i = f(\eta_{ik}, k=1, 2, \dots, p_i), i=1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

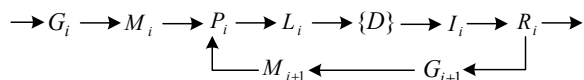
де φ, f – ММ j -го компонента АТВ та i -го інформаційного каналу ВЕ; n, m – кількість компонентів і ВЕ в АТВ; η_{ik} – k -й ТД i -го ВЕ; p_i – кількість ТД в i -му ВЕ.

Системний аналіз ЕД в АДТ запропоновано виконувати згідно з такою процедурою [2]:



де H – цілі ЕД; T – технологія ЕД; $Z = \{z_i\}_{i=1}^n$ – задачі ЕД, у т. ч. ті, які підлягають автоматизації (Z); P – інформаційні потоки; D – вимоги до ІТ; E – джерела економічної ефективності; R_w, R_e – критерії прийняття рішень.

В основі технології тензометричних ЕД в АДТ лежать такі періодичні процеси:



де G_i – гіпотеза ЕД; M_i – МЛА; P_i – програма ЕД; L_i – алгоритми обробки ДЕ; D – формування ЕД; I_i – інтерпретація ЕД; R_i – критерій завершення ЕД.

У результаті системного аналізу встановлено, що тензометричні ЕД реалізуються засобами локальної автоматизації, яка дозволяє збирати й обробляти ДЕ, контролювати й керувати АДТ та інформаційно-обчислювальною системою (ІОС). Дані системного аналізу існуючої технології тензометричних ЕД в АДТ дозволили сформулювати такі напрями її удосконалення:

- розширення функцій;
- об'єднання етапів обробки ДЕ і формування проектних рішень;
- розробка нових методів і технологічних рішень.

Це можна визначити як збільшення обсягів ДЕ

$$\hat{D} = \{d_i\}_{j=n+1}^{n+v}, v \in N$$

і характеристик МЛА

$$\tilde{X} = \{x_{ij}\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{m+1, m+\eta}, \eta \in N,$$

які одержані з існуючих ДЕ

$$D = \{d_i\}_{j=1}^n, n \in N$$

за рахунок розширення функцій (нові методи/алгоритми) обробки ДЕ

$$\tilde{A} = \{a_j\}_{j=m+1}^{m+\eta}$$

на існуючій методичній базі

$$(A = \{a_j\}_{j=1}^m, m \in N),$$

де d_i – набори ДЕ; a_i – методи/алгоритми обробки ДЕ; x_{ij} – характеристики МЛА, які визначені з i -го набору ДЕ при використанні j -го методу/алгоритму; $X = \{x_{ij}\}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$ – характеристики МЛА, отримані з ЕД на основі застосування методів/алгоритмів [1].

Задача визначення характеристик нового ЛА

$$X' (X' = \{x'_{ij}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, p}, k < n, p < m)$$

формулюється як задача визначення властивостей ЛА за обмеженнях $N'(X') < N'_0; V'(X') = V'_0$ і початкових умов:

$$T^0 = \Phi(X^0); \quad (3)$$

$$N(X^0) < N_0;$$

$$V(X^0) = V_0, \quad (4)$$

де T^0 – властивості ЛА – аналога, які визначені на підставі ДЕ характеристик МЛА X_0 при обмеженнях (3),(4); N, V – обмеження типу нерівності/рівності; N_0, V_0 – граничні значення.

На інформаційному рівні ця задача формулюється як визначення додаткових ДЕ T , які б забезпечили необхідні властивості нового ЛА T :

$$T = \Phi(X').$$

Саме ІТ дозволяє збільшити обсяг характеристик МЛА

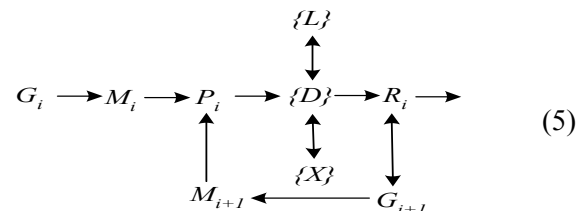
$$\hat{X} = \{x_{ij}\} i = \overline{n+1, n+v}, j = \overline{m+1, m+\eta}$$

порівняно з X , тобто

$$\bar{D} = D \cup \hat{D}, \bar{A} = A \cup \hat{A}, \bar{X} = X \cup \hat{X},$$

де \bar{D}, \bar{X} – ЕД і характеристики МЛА, які одержані засобами ІТ; \bar{A} – методи/ алгоритми обробки ДЕ в ІТ.

Для визначення властивостей нового ЛА T^0 запропонований узагальнений алгоритм, який істотно прискорює процес одержання кінцевих результатів ЕД:



Оскільки ІТ – технологічна система організації і переробки інформації (5), яка має відповідну структуру і складається з інформаційного, методичного, програмного, апаратного й організаційного компонентів, то основне місце в структурі ІТ належить інформаційному компоненту.

Склад компонентів ІТ визначається необхідними процесами і ресурсами.

Реалізувати пропозиції щодо удосконалення технології тензометричних ЕД можливо створенням нових засобів ψ , які забезпечують одержання даних \hat{D} , реалізацію методів/ алгоритмів \hat{A} і збільшують обсяги ДЕ \hat{X} .

Сукупність методів, алгоритмів, комплексів програм (КП), пристроїв і $\Psi = \{\psi_i\}_{k=1}^{\xi}$, $k, \xi \in N$ реалізують за допомогою інформаційного Ψ^f , методичного Ψ^m , програмного Ψ^p , технічного Ψ^t і організаційного Ψ^q компонентів ІТ, тобто $\Psi = \{\Psi_i^j\}_{i=1}^{nf}, j=[f, m, p, t, q], nf \in N$.

Задачі проблемної орієнтації $Z = \{zq\}$, $q = \overline{1, \tau}$ ІТ тензометричних ЕД в АДТ впливають з їх призначення й особливостей [3].

Сформульовано уніфіковані вимоги до функціонального наповнення ІТ як груп функцій: інформаційні – автоматична реєстрація, контроль помилок, експрес-обробка, обробка ДЕ; реєстрація і оперативне відображення технологічних параметрів у реальний час (РЧ); виявлення і реєстрація відхилень параметрів від норми; введення і виведення ДЕ; збереження, пошук ДЕ (система керування БД–СКБД), зв'язок з центральною БД; аналіз, обробка і документування ДЕ; колективний доступ до проектної інформації; керуючі – програмне керування АДТ, ІОС, МЛА та параметрами ЕД; контроль апаратури; визначення ММ АТВ і ТД.

Створення нової ІТ тензометричних ЕД в АДТ передбачає виконання комплексу робіт [1] з урахуванням таких вимоги до її компонентів: забезпечення автоматизованого розв'язку задач на всіх етапах ЕД і надійного функціонування компонентів системи; реалізація єдиного інформаційного простору, підтримка адаптивних методів контролю і керування устаткуванням АДТ; автоматичне знімання ДЕ, контроль, експрес-обробка ДЕ у РЧ, оперативне відображення і реєстрація технологічних параметрів; виявлення і реєстрація відхилень параметрів від норми у РЧ, аналіз, пошук, вторинна обробка і документування ДЕ; реалізація інтерактивного режиму ведення ЕД.

Отримані результати досліджень – основа для визначення складу і структур компонентів ІТ і розробки методів їх проектування.

Методи проектування компонентів інформаційної технології

В основу методів проектування компонентів ІТ покладено ітераційні процедурні моделі їх моніторингу, які визначають основні етапи аналізу і синтезу компонентів ІТ, та мають таку узагальнену процедуру [2]:

крок 1 – формування системотехнічних рішень (схеми, моделі) для конкретного компонента;
 крок 2 – формування груп однотипних засобів проектування $\{\Psi_m^j\}_{m=1}^g$;

крок 3 – аналіз засобів кожної групи $\{\Psi_{mq}^j\}_{q=1}^{n_m}$ відповідно до процедурної моделі і формування показників експертних оцінок Y ;

крок 4 – визначення для кожного засобу загальної оцінки:

$$O = \frac{\left(\prod_{i=1}^n Y_{U_i} \right) \sum_{k=1}^l Y_{P_k}}{\prod_{j=1}^m Y_{D_j}}$$

де Y_{U_i} , Y_{D_j} , Y_{P_k} – відповідно показники, для яких більші кількісні значення означають кращу якість і навпаки;

крок 5 – оцінка засобів проектування за рейтинговою кривою $\{\psi_{mq}^j\}_{q=1}^{n_m}$ і вибір їх складу;

крок 6 – кінець.

Кожний метод дозволяє одержати рішення на основі відповідних процедурних моделей і критеріїв. Так, метод проектування інформаційного компонента на підставі визначених наборів даних, їх структур, форматів і моделі взаємодії дозволяє одержати структуру інформаційного середовища, алгоритм перетворення інформації в ІТ та визначити склад засобів проектування Ψ^f . Метод проектування методичного компонента на підставі аналізу проблемних задач

$$Z = \{z_q\}_{q=1}^k,$$

аналізу існуючих A і необхідних ($\bar{A} = \Psi^m$) методів/алгоритмів, їх класифікації \bar{A} (готові $\{a_i\}_{i=1}^{\rho} \subset A$, такі $\{a_i\}_{i=\rho}^{\rho+\beta} \subset A$, які необхідно модифікувати, \hat{A} такі, які необхідно розробити) дозволяє розробити її структуру, алгоритми роботи, тестування і документування.

Метод проектування програмного компонента на підставі визначених її функцій дозволяє вибрати операційну систему (ОС), визначити склад системного і прикладного програмного забезпечення (ПЗ), розробити його структуру, визначити та виконати розробку програмних комплексів.

Методи проектування технічної й організаційної компонентів дозволяють на підставі визначених функцій апаратних засобів й їх структури, у т. ч. ІОС, визначити робочі місця та склад технічних засобів. Послідовність проектування компонентів ІТ така – спочатку виконується проектування інформаційного, далі методичного, програмного, технічного і, на сам кінець, організаційного компонентів.

Методичний і програмний компоненти інформаційної технології

Необхідно розробити такі засоби і методи методичного і програмного компонентів ІТ тензометричних ЕД в АДТ:

- програмно керований обмін даними;
- адаптивний метод контролю і керування АДТ;
- автоматичне знімання ДЕ;
- проектування первинних джерел інформації (ПДІ);
- визначення ММ ПДІ;
- експериментальні дослідження;
- алгоритми первинної і вторинної обробки ДЕ;
- аналіз і документування ДЕ.

У праці [1] показано, що ефективний метод діагностики ІОС – це метод послідовного аналізу, на підставі якого був розроблений алгоритм керування тензометричними ЕД МЛА в АДТ [4].

Метод проектування ПДІ базується на тому, що ПДІ – це пристрій, на вхід якого подаються фактори впливу $x_j, j=1,2,\dots, m$, а на виході одержують їх вихідні величини $y_i, i=1,2,\dots, n$.

Для визначення ММ ПДІ розв'язується пряма (1) – удосконалення конструкції – обернена – (2) – визначення фізичних величин – задачі [4].

Розрахункові методи проектування ПДІ спрямовані на вибір оптимальної конструкції та забезпечення мінімальних взаємовпливів компонентів при максимальній їх чутливості.

Експериментальні методи проектування ПДІ спрямовані на доведення конструкції і визначення їх ММ.

Специфіка проектування АТВ полягає в тому, що вони проектуються під конкретну МЛА і під конкретні умови ЕД.

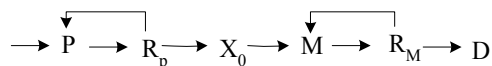
Розрахунок АТВ виконується на підставі початкових даних і заданих властивостей матеріалу. При цьому визначаються напруження в небезпечних перерізах і місцях розміщення ТР, власні частоти АТВ і чутливість ВЕ.

Узагальнений алгоритм проектування ПДІ подано в праці [4], де також показано, що MathCAD дозволяє конструктору ПДІ виконати повний цикл досліджень.

Процедура визначення ММ називається градуванням ПДІ, де для визначення ДЕ $(x_i, y_i), i=1,\dots, m$ виконують експеримент і розв'язують пряму (1) й обернену (2) задачі.

Експериментальні дослідження виконують за багатофакторною схемою відповідно до методів математичної теорії планування експериментів. Для ефективного пошуку ММ ПДІ використана крокова процедура лінійної регресії (метод включення).

Критерієм закінчення пошуку ММ є збільшення середньоквадратичної похибки наближення і відповідно зменшення значення F -статистики [3; 4]. У праці [4] показано, що ефективним засобом розв'язку задач (1), (2) є Statistica і така технологія:



де P – проведення ЕД; R_p, R_M – критерії виконаних операцій (однорідність ДЕ і адекватність ММ); X_0 – формування вихідних даних; M – визначення ММ; D – документування.

Експериментальні дослідження для визначення ММ ПДІ доцільно виконувати по D - і G -оптимальних планах експерименту (ПЕ), які мінімально чутливі при оцінках коефіцієнтів ММ до випадкової складової, мають незначну кількість дослідів (наприклад, ПЕ B_6 і B_3 з напівреплікою на кубі містять 15 дослідів для трьох і 45 дослідів для шести факторів при варіюванні факторів на трьох рівнях), і їх характеристики близькі до гранично можливих.

Для усунення впливу неконтрольованих параметрів необхідно виконувати рандомізацію дослідів за часом і в просторі факторів.

Розроблений метод первинної обробки ДЕ дозволяє визначати аеродинамічні коефіцієнти за відповідними ММ АТВ і ТД та документувати ДЕ у вигляді таблиць і графіків [1].

Вихідними даними для обробки є ММ АТВ і ТД, їх кількість і тип АТВ, геометричні параметри МЛА, умови ЕД, масиви ДЕ u_{ij} , де $i=1,2,\dots, n$ – номер дослідів, $j=1,2,\dots, m$ – кратність дослідів.

Для розв'язання задач вторинної обробки ДЕ розроблені методи апроксимації, обчислення похідних аеродинамічних коефіцієнтів $c_x, c_y, c_z,$

m_x, m_y, m_z і визначення $c_{x_{\min}}, c_{y_{\max}}$ і k_{\max} на підставі методів найменших квадратів, зваженої середньоквадратичної апроксимації, згладжуючих кубічних сплайнів і пошук екстремуму [4].

Задачі вторинної обробки включають визначення балансувальних характеристик і ефективності органів керування ЛА [4].

Наприклад, дослідження бічної стійкості і керованості ЛА включає:

- апроксимацію ДЕ в бічному русі;
- визначення похідних $\tilde{n}_z^{\beta}, m_y^{\beta}, m_x^{\beta}, m_x^{\delta_i}, m_y^{\delta_i}, m_x^{\delta_y}, m_y^{\delta_y}$;
- визначення ефективності органів керування $\Delta c_y = f(\alpha, \delta_c), \Delta m_y = f(\alpha, \delta_y), \Delta m_x = f(\alpha, \delta_x)$;
- візуалізацію та документування ДЕ.

Дослідження поздовжнього руху ЛА включає визначення фокусів ЛА і горизонтального оперення (ГО), параметрів компоновки з ГО і без ГО, куту швидкості потоку в районі ГО, балансувальних характеристик ЛА.

Для підвищення інформативності виконання вторинної обробки окремі КП були інтегровані з MathCAD, Statistica і Origin, що дозволяє в повному обсязі виконувати графічну обробку ДЕ [4], та в результаті підвищує якість підготовки проектної документації.

Компоненти інформаційної технології

На підставі викладених у праці [1] засобів і методів розроблено інформаційну, програмну, технічну компоненти ІТ тензометричних ЕД МЛА в АДТ та показано їх придатність і ефективність під час вирішення проектних задач на прикладі дослідження МЛА в умовах великих кутів ковзання.

Уніфікований граф послідовності переробки інформації в ІТ тензометричних ЕД [5] визначає такі види інформаційних перетворень: створення наборів даних, реплікація ДЕ в БД робочої станції (РС), первинна, вторинна обробка ДЕ, візуалізація і збереження, знімання ДЕ, попередня їх обробка і відображення в темпі ЕД, документування, візуалізація ДЕ і розміщення їх в архіві, діагностика ІОС, виконання ЕД (алгоритм, викладений у праці [4]).

В основу розробки БД для збереження ДЕ покладена концептуальна модель даних як сукупність логічно зв'язаних БД. Розподіл БД по вузлах К-мережі залежить від типу збереженої у них інформації: локальні (оператор АДТ, дослідник) розташовуються на РС, загальнодоступні (ДЕ, вихідні документи, інформаційно-пошукова система – ІПС – на серверах – [4]. Для обробки інформації в БД запропоновано використовувати як окремі КП, так і універсальні СКБД [2; 5]. Архів організовано на CD-R. Для ефективного використання каналів зв'язку необхідно застосувати програмні та апаратні методи ущільнення даних [5]. Вибір СКБД виконаний відповідно до запропонованого методу [2], та було показано, що для ІТ тензометричних ЕД МЛА можна використовувати файлові й універсальні СКБД Access (БД документів) і Clipper (ІПС). Для підготовки звітів та інформаційних бланків використовують редактори MS Word і FotoEditor, а для підготовки електронних документів – FineReader.

У результаті був запропонований алгоритм обробки інформації в ІТ тензометричних ЕД МЛА [1], де для забезпечення регламенту руху документів на кожній РС розміщується індивідуальне завдання і забезпечується її доступ до необхідної для виконання завдання інформації на інших РС.

Організовано нові БД на РС оператора АДТ, дослідника і центральному сервері.

Програмний компонент ІТ тензометричних ЕД МЛА (загальносистемне і прикладне ПЗ), який спроектовано за методом, наведеним у працях [2; 4], забезпечує: керування ресурсами К-мережі, обмін інформацією між вузлами К-мережі (мережні функції), стійку і надійну роботу прикладного ПЗ (сервісні функції), виконання ЕД, функціонування КП.

Ресурсами К-мережі керують централізовано, що і визначає структуру і склад мережевої ОС.

В основу моделі взаємодії обчислювальних ресурсів ІТ покладено технологію «клієнт–сервер», яка допускає виконання прикладних задач як на РС, так і на сервері [1; 4].

Мережне ПЗ ІТ забезпечує такі види обслуговування: захист від несанкціонованого доступу, функції E-mail, файловий сервіс, адміністрування РС, доступ до периферійного обладнання, виконання функцій віртуальних терміналів та ін. При цьому привілейованими процесами є задачі керування ЕД і експрес-аналізу ДЕ.

Обов'язкова установка сервісних засобів тестування ПЗ і ІОС, архівування і резервного копіювання ДЕ, розпізнавання вірусів і т.п.

На РС КП забезпечують як виконання прикладних процесів, так і їх взаємодію.

Для захисту інформації в К-мережі використовують апаратні (електронний ключ) і програмні (парольний доступ) засоби.

Системне ПЗ, спроектоване за методом, наведеним у праці [2], з урахуванням сукупності вимог [4], включає ОС Windows'NT і ОС Windows'x з драйверами ІОС, PathWorks для підтримки моделі «клієнт–сервер» та середовища програмування C++, Delphi, Masm для розробки прикладного ПЗ.

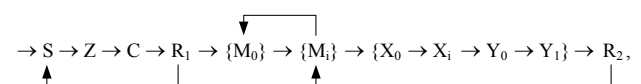
Реалізація прикладного ПЗ виконана як сукупність КП, які інтегровані з Excel, MathCAD, Origin, Statistica відповідно до спеціалізації РС. КП незалежні від введення і виведення, мають модульну структуру і створені на основі модулів бібліотек SSP, SSL та ін. [4].

Прикладне ПЗ забезпечує реалізацію трьох основних груп задач керування тензометричними ЕД у РС, обробку ДЕ, документування ДЕ.

Перша група задач розміщена на РС операторів АДТ, друга і третя – на РС дослідників.

Інсталяція прикладного ПЗ дозволяє змінювати функції РС [1; 4].

Уніфікований алгоритм роботи прикладного ПЗ на РС такий:



де S – запуск ОС; Z – завантаження даних; C – діагностика ІОС; R_1 – результат діагностики ІОС; M_0 – головне меню прикладного ПЗ; M_i – меню i -ї задачі; X_0 – КП керування ДЕ; X_i – КП, який реалізує i -у задачу; Y_0 – СКБД/КП; Y_1 – КП реплікації БД; R_2 – критерій якості роботи прикладного ПЗ.

Проектування технічного компонента ІТ тензометричних ЕД МЛА виконано за методом, наведеним в праці [2], і забезпечує стійку роботу К-мережі, адаптивний контроль і керування ІОС, АДТ і МЛА, діагностику ІОС з реєстрацією й сигналізацією відхилень параметрів від заданих значень, аварійне вимкнення і повернення в робочий режим після усунення збоїв, знімання з ПДІ показань, їх кодування і реєстрацію; передачу ДЕ по інформаційних каналах, візуалізацію ДЕ і результатів їх обробки, надійне збереження ДЕ.

Умовно ці функції можна розділити на три класи: обслуговування ЕД, підтримку роботи К-мережі, взаємодію користувачів у К-мережі.

Ці класи функцій реалізовано як ієрархічна система з трьома рівнями: I рівень – АДТ, ІОС, II рівень – РС (у кабіні керування АДТ, у лабораторії), К-мережа, III рівень – обчислювальний кластер. Основні задачі технічного компонента I рівня – це керування ЕД, знімання і передавання ДЕ. На II рівні виконується обробка ДЕ. На III рівні – реалізуються функції проектування ЛА. Комплектація РС виконується відповідно до їх функціонального призначення [1; 4].

Взаємодію складових в ІТ побудовано на дволанковій архітектурі, яка на апаратному рівні еквівалентна моделі «клієнт–сервер», де сервер додатків виконує всі обчислювальні роботи, а сервер БД виконує обробку запитів користувачів і обробку транзакцій.

Розробку засобів взаємодії користувача з ІТ виконано з урахуванням функціональних задач, інформаційних потоків і груп користувачів. Для керування прикладним ПЗ застосовується діалог, який має тривірневу структуру: I рівень – функції обслуговування ЕД, II рівень – функціональні задачі, які реалізуються КП, III рівень – розв'язок конкретної задачі II рівня.

Технічний компонент дозволяє організувати паралельний процес ЕД, розвантажити сервери, перенести частину робіт на РС, збільшити кількість РС, забезпечити автономну роботу на РС з введення, підготовки й аналізу ДЕ. К-мережа підтримує обмін повідомленнями, обмін файлами, централізоване виведення інформації на принтери і плотери, використання загальних накопичувачів, приєднання ПК до ЕОМ VAX як віддалених терміналів, швидке і надійне транспортування файлів, e-mail, взаємодію між РС.

Застосування інформаційної технології

У праці [3] подано результати застосування ІТ тензометричних ЕД МЛА в АДТ для визначення аеродинамічних коефіцієнтів ЛА в умовах великих кутів ковзання $\beta=0\pm 180^\circ$ і кута атаки $\alpha=\pm 15^\circ$. Експериментальні дослідження в АДТ АТ-1 проводили з використанням МЛА 76МС200-001, установки кругової продувки (УКП), аеродинамічних механічних ваг (АМВ) і ІОС.

Програма ЕД передбачувала вивчення власних коливань АВТ і системи МЛА–АВТ в умовах ЕД в АДТ.

У праці [3] було показано, що на коливання АВТ і систему АВТ–МЛА, у т. ч. в потоці, впливають зовнішні та конструктивні фактори.

При градуванні АВТ визначалися властивості окремих ТД і конструкції АВТ в цілому, а також перевірялися запропоновані методи визначення ММ АВТ у вигляді:

$$x_j = a_{0j} + \sum_{i=1}^6 a_{ji} \Delta U_i,$$

де a_{ji} ($j=0,1, \dots, 6$; $i=X, Y, Z$);

ΔU_i – невідомі коефіцієнти:

$$\Delta U_i = \bar{U}_{0i} - U_i.$$

Під час визначення аеродинамічних коефіцієнтів МЛА за ДЕ виконують виправлення, які враховують деформацію АВТ, тензоопорної колонки УКП, зміну напрямку дії ваги МЛА і гальмівний ефект конструкції УКП, співвідношення кутів, характер зміни $c_{x_2}, c_{y_2}, \dots, m_{z_2}$ за α .

Виконане порівняння [3] підтверджує задовільну відповідність між аеродинамічними коефіцієнтами, які одержані при ЕД МЛА на УКП і АВТ.

Висновки

1. У роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає в розробці методів і засобів ІТ тензометричних ЕД МЛА. Їх використання забезпечує ефективне вирішення задач проектування і дозволяє на новому якісному рівні реалізувати технологію цього ЕД.

2. У зв'язку з цим у роботі дістав подальшого розвитку метод аналізу проблематики розробки ІТ промислового експерименту в АДТ як складової ІТ ПД, що розширює формалізований апарат для прийняття проектних рішень з її створення і забезпечує функціональну повноту засобів опису предметної області. На його основі виконаний системний аналіз проблематики розробки ІТ тензометричних ЕД МЛА, що дало змогу сформулювати постановку задачі її проектування з урахуванням специфіки предметної області та провести уніфікацію проектних рішень за компонентами системи.

3. Удосконалено технологію тензометричних ЕД МЛІА за рахунок паралельного виконання технологічних операцій формування, обробки та аналізу ДЕ, що підвищує ефективність цього виду аеродинамічних досліджень.

4. Запропоновано принципи проектування, використання яких знижує вартість і терміни розробки компонентів ІТ, дозволяє досягти високої якості за рахунок уніфікації, стандартизації і типізації.

5. Розроблено сукупність процедурних моделей моніторингу характеристик засобів проектування, які забезпечують обґрунтований вибір засобів підтримки ІТ.

На підставі запропонованих моделей розроблено методи проектування компонентів ІТ, які визначають основні етапи аналізу і синтезу їх базових структур.

Використання запропонованих методів скорочує терміни вирішення задач проектування, зменшує їх трудомісткість, підвищує обґрунтованість прийнятих проектних рішень.

6. Подальший розвиток засобів методичного забезпечення (визначення ММ ПДІ, програмного збору ДЕ, контролю правильності функціонування і програмної діагностики ІОС, визначення розподілених та інтегральних характеристик МЛІА, документування експериментальної інформації, проектування АТВ і визначення їх характеристик) розширюють функціональні можливості тензометричних ЕД. Їх використання підвищує достовірність ДЕ, точність визначення фізичних величин, що вимірюються в експерименті, точність обчислення аеродинамічних характеристик МЛІА, якість підготовки проектною документації, зменшує кількість «непридатних» випробувань, дозволяє адаптивно керувати збором ДЕ, визначати параметри експерименту.

На підставі запропонованих методичних засобів розроблено комплекси програм, які використані під час вирішення задачі проектування прикладного ПЗ ІТ.

7. Розроблено уніфіковані структури компонентів ІТ, що відповідають запропонованим принципам проектування і забезпечують реалізацію удосконаленої технології тензометричних ЕД МЛІА.

8. З використанням розроблених методів і засобів вирішено задачі проектування компонентів ІТ тензометричних ЕД МЛІА для промислової АДТ. Реалізована ІТ дозволила скоротити цикл обробки та аналізу ДЕ, знизити його трудомісткість, підвищити точність визначення аеродинамічних характеристик МЛІА, поліпшити якість підготовки проектною документації. Основні положення, висновки і рекомендації роботи використано в навчальному процесі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Національного аерокосмічного університету України ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Національного авіаційного університету.

Література

1. Зінченко В.П., Зінченко Н.П. Моніторинг тензометричних експериментальних досліджень // Вісн. НАУ. – 2005. – №1 (23). – С. 63 – 74.
2. *Процедуры* комплексирования компонент информационных технологий экспериментальных исследований моделей летательных аппаратов / В.П. Зинченко, И.П. Муха, А.И. Куляс и др. // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2002. – №1. – С. 92 – 100.
3. Зінченко В.П., Зінченко Н.П., Гуржий А.М. Дослідження характеристик установки для кругової продувки // Вісн. НАУ. – 2004. – №1(19). – С. 67 – 75.
4. Зінченко В.П., Зінченко Н.П. Розробка методичної і програмної компонент інформаційної технології // Наук. вісті НТУУ «КПІ». – 2005. – № 2. – С. 98–109.
5. Zinchenko V.P., Zinchenko N.P. Designing a component of information technology of strain-gauge experimental researches // Вісн. НАУ. – 2005. – №2 (24). – С. 21–28.

Стаття надійшла до редакції 05.10.05.

Н.П. Зинченко

Разработка информационной технологии тензометрических экспериментальных исследований моделей летательных аппаратов

Рассмотрены научные результаты, практическая ценность и реализация средств и методов информационной технологии тензометрических экспериментальных исследований моделей летательных аппаратов в аэродинамических трубах.

N.P. Zinchenko

Development of information technology tensometric experimental researches of models of flying devices

In articles the submitted generalized rules and conclusions, scientific results, practical value and realization of means and methods of information technology of strain-gauge experimental researches of models of flight vehicles in wind tunnels.