

*П.М. Павленко, д.т.н., заст. дир. з наук.- метод. роботи ІДС,
С.В. Козьяков, аспірант, П.М. Ратушній
(Національний авіаційний університет, Україна)*

КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ВУЗЛІВ ЛІТАКА В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМИ CATIA V6

*Представлено результати теоретичного та експериментального дослідження
концептуального проектування складних технічних об'єктів*

Проектування літака є дуже складним технічним завданням. Під час конструювання доводиться обробляти великі об'єми інформації, що дуже ускладнює весь процес. Все це та багато інших факторів зумовлюють розробку і впровадження нових методів та принципів конструювання, спрямованих на досягнення найкращого результату.

Метою конструювання є пошук необхідних інженерних рішень і втілення їх до конкретної поставленої задачі. Тому для найшвидшого отримання якісного результату, процес конструювання повинен бути чітко визначеним і формалізованим, розділеним на кілька етапів. Першим етапом є технічне завдання, наступний – етап концептуального або ескізного проектування. Після нього виконується технічний проект, за яким створюється робочий проект.

В процесі дослідження стало зрозуміло, що одним з найважливіших етапів у проектуванні нового виробу є саме етап концептуального конструювання. На жаль, саме на цьому етапі відсутні дієві методи, які б оптимізували його. На цій стадії здійснюється найбільш творча діяльність, виникають нові ідеї, рішення, що дуже важливо для об'єкта, який розробляється. Звичайно, не обов'язково все робити «з нуля», адже це не доцільно. Обов'язково треба використовувати знання попередників, однак повинна залишатись певна свобода думки, що має на меті створення нововведень, інновацій. Тому при проектуванні нового виробу необхідно обов'язково виконувати концептуальне конструювання, а оптимізація на цьому етапі покращить весь процес розробки.

В доповіді представлено результати теоретичних і експериментальних досліджень процесу формалізації й практичної реалізації концептуального проектування вузла літака – носової опори шасі.

Концептуальне конструювання представляє собою візуальне оформлення основної ідеї проекту, під час якого проводиться дослідження та узгодження параметрів, аналіз загальних концептуальних рішень по всім задачам, яким повинен відповідати даний проект. Концептуальний проект містить попередню конструкторську обробку всіх основних вузлів. Він базується на аналізі різних варіантів можливих конструкторських рішень, результатах розрахунків, оптимізації найбільш важливих параметрів і характеристик виробів, що проектуються. Проектування на концептуальному рівні означає здійснення процесу на понятійному рівні, для отримання розуміння об'єкту, що проектується, його загальної характеристики про конструкцію, габарити, принцип роботи, взаємодію з іншими об'єктами.

Прийнято вважати, що концептуальне проектування використовується у тих випадках, коли технічний об'єкт не може бути описана кількісними характеристиками, які дозволили б зробити опис закономірностей її функціонування чи опис розробки у вигляді аналітичних залежностей. Розглянемо детальніше методологічні аспекти цього виду моделювання. Концептуальна математична модель разом з описом технічного об'єкту (об'єкту дослідження та процесів функціонування об'єкту, і процесів обробки інформації), та способів взаємодії її структурних елементів відображає такі властивості як приналежність технічного об'єкту до певного типу та її кількісні характеристики. Тому, крім поділу елементів моделі на об'єкти та відношення між ними, можна виділити клас атрибутів (властивостей), які вступають з

елементами моделі (інформаційними об'єктами та процесами) в бінарні (взаємно однозначні) відношення, які можуть бути описані функціонально.

Таким чином, концептуальна математична модель технічного об'єкту містить такі складові: множину елементів моделі (об'єктів і процесів), відношення, які задаються над множиною елементів моделей, множину атрибутів об'єктів і відношень, множину функцій (функціональних відношень між інформаційними об'єктами, процесами та їх атрибутами).

Два перших, із вищезгаданих компонентів, утворюють схему об'єктів і процесів, а два останніх – моделі атрибутів і кількісні характеристики. Формально концептуальну математичну модель (КММ) можна представити кортежем:

$$S_{kmm} = \langle P, O, H_p, H_o, I_n, O_{ut}, S \rangle,$$

де $P = \{p_i\}$ - множина процесів обробки інформації;

$O = \{o_j\}$ - множина інформаційних об'єктів (даних);

H_p, H_o – відношення ієрархії інформаційних об'єктів;

$I_n: P \rightarrow B(o)$ - відповідність " I_n " множини вхідних інформаційних об'єктів $B(o)$ множині процесів p (" I_n " – інформаційна відповідність «вхідні інформаційні об'єкти процесу - процес»);

$O_{ut}: P \rightarrow B(o)$ - відповідність O_{ut} «процес – вихідні інформаційні об'єкти» множини вхідних інформаційних об'єктів $B(o)$ множини процесів P ;

$\delta: P \rightarrow B(P)$ - відношення проходження процесів (відповідність підмножини вхідних інформаційних процесів $B(p)$ множини P на цю множину,

де $\{p_m\}$ – множина процесів, виконання яких має строго передувати виконанню певного процесу $p_i(p_m) \in S(p_i)$);

$S = \{s_k\}$ - множина компонентів концептуальної математичної моделі;

$i = \overline{1, \dots, I}, j = \overline{1, \dots, J}, m = \overline{1, \dots, M}, k = \overline{1, \dots, K}$ – множина відповідних індексів.

Представлена формалізація відображає суть концептуального проектування, яка полягає в тому, що під процесом розуміють певне перетворення (I_n, O_{ut}) вхідної підмножини об'єктів (даних про них) на іншу підмножину, яку називають вихідною. Тобто процес побудови моделі концептуального проектування може розглядатись як декларативне представлення задачі, вирішення якої полягає в описі причинно-наслідкових зв'язків щодо виробленого в предметній області перетворення інформації. Таким чином отримано математичну модель, яка включає всі множини інформаційних об'єктів та відображає сутність концептуального моделювання.

Розглянемо можливості оптимізації процесу концептуального проектування. Оптимізація – це процес приведення об'єкта в найкращий, оптимальний стан. Оптимізація означає вибір якогось одного варіанту проекту з множини варіантів, який по тим або іншим ознакам вважається найдоцільнішим. Задача вибору оптимальних параметрів розробки вузла у відповідності з певними критеріями оптимізації є задачею оптимального конструювання.

Прийняття конкретного варіанта має вирішальне значення на всіх стадіях розробки, а тому вибір оптимального варіанта повинен здійснюватись на ранньому етапі, тобто на концептуальному рівні.

Критерії оптимізації це показник, який доцільніший для даної оптимізації об'єкта. Він повинен бути об'єктивним і виправдовувати своє призначення. Для цього він повинен мати певні властивості, а саме – бути незалежним, однозначним, тобто не являться функцією інших факторів, бути безпосередньо пов'язаним з параметром оптимізації, бути сумісним з іншими факторами, щоб не порушувати їх роботу та ін. В якості критерію оптимізації, в залежності від характеру і призначення об'єкта конструювання можуть бути прийняті: вартість, конструктивні і точні сні показники, маса, довговічність, ресурс. Параметри оптимізації цільової функції, в залежності від мети, для якої вони призначені, можуть бути:

- просторово-часовими (довжина, час, площа, об'єм, швидкість, прискорення та ін.);

- механічними (маса, сила, момент, робота, енергія, потужність, тиск тощо);
- електромагнітними (кількість струму, питомий опір, магнітний потік і т.д.);
- тепловими (кількість теплоти, тепловий потік, коефіцієнт теплопровідності й таке інше);
- акустичними (звуковий тиск, інтенсивність звуку, рівень шуму та ін.);
- якісними (зовнішній вигляд, якість поверхні тощо).

Конструктор може застосовувати варіантне конструювання (порівняння кількох варіантів конструкції і вибір варіанту з мінімумом недоліків), або оптимізацію на інтуїтивному рівні. Знання методів оптимізації, досвід роботи і здатність творчо мислити, дозволяють конструктору уникнути недоліків і помилок в конструкції об'єкта.

Разом із дослідженням теоретичних основ концептуального конструювання, здійснювалась експериментальна перевірка отриманих результатів. В якості технічного об'єкту конструювання було взято проект носової стійки шасі регіонального літака.

Були сформовані вхідні дані, які формували технічні вимоги до майбутнього проекту: стійка повинна витримувати статичне і динамічне навантаження літака даного типу, злітна вага яких не повинна перевищувати 25 т. Стійка повинна мати можливість забиратись в нішу. Привід повинен здійснюватись гідроциліндром. Конструкція шасі повинна дозволити експлуатацію літака як на бетонних злітно-посадкових смугах, так і на ґрунтових. Габаритні розміри обмежуються нішею шасі, а саме висота при максимальному ході штока в межах 1800-1850 мм, ширина ніші в межах 910-950 мм, а довжина 2000-2100 мм. Стійка повинна бути поворотною в діапазоні $\pm 60^\circ$.

На основі таких вихідних даних, розпочався пошук конструктивного рішення, щодо структури майбутньої стійки. Для цього довелось розглядати багато різних схем і варіантів, вивчаючи їх переваги і недоліки.

Були сформовані основні принципи функціонування та структури стійки, розглянуті різні критерії. Стійка повинна забиратись в напрямку вздовж будівельної осі літака, проти руху потоку, що набігає. Це дозволить у випадку відмови гідросистеми випустити шасі за допомогою сил тяжіння і опору повітря. Стулки при цьому повинні відчинятись і зачинятись, для покращення аеродинамічних характеристик. Вони повинні приводитись в дію за допомогою тяг, які кінематично пов'язані з амортизаційною стійкою. Таким чином рух всіх елементів буде приводитись за допомогою одного основного гідроциліндра. Так ми позбуваємось додаткових приводів і вирішуємо проблему з синхронізацією. Стійка буде мати два колеса, що покращить розподіл навантажень на вісь і шасі в цілому. Тип самої стійки буде важільний, так як він забезпечує необхідне сприйняття удару (у випадку ґрунтової ЗПС), а також високий коефіцієнт передачі.

Визначаємо кінематичну схему, складові і розміри всіх структурних елементів, структура яких ще може змінюватись. Так для оптимального виконання даного проекту, була розроблена методика визначення кінематичної схеми інструментальними засобами CAD/CAM/CAE системи CATIA v6. Розглянемо його детальніше.

Розроблена методика концептуального проектування отримана завдяки параметризації побудови ескізів в середовищі CAD/CAM/CAE системи CATIA v6.

Отриманий параметричний ескіз дуже гнучкий, бо дозволяє повністю змінювати усі свої параметри. Таким чином ми підбираємо необхідну кінематичну схему, тобто оптимізуємо структуру механізму. Відразу перевіряємо, як об'єкт буде здійснювати рух, чи забереться стійка шасі у нішу при максимальному переміщенні штока циліндра чи закриються стулки ніші шасі. Якщо результат нас не задовольняє, та змінюються відповідні параметри. Отже здійснено структурну і частково параметричну оптимізацію на етапі концептуального конструюванні. Кінцевий вигляд отриманої кінематичної схеми зображено на рис. 1.

Подальше концептуальне конструювання полягало у створенні 3D моделі, яка б відповідала поставленим раніше технічним вимогам і вже відомій структурі стійки і

розмірам основних елементів. Процес конструювання і надалі проводили в інформаційному середовищі CAD/CAM/CAE системи CATIA v6 засобами твердотільного і поверхневого моделювання. Паралельно з побудовою виконувалась організація деталей у зборку, а також задавались усі зв'язки у вузлах між ланками у парі. Завдяки цьому розглядались всі деталі як окремі елементи, так і у взаємозв'язку з іншими. Потім дана конструкція компонувалась у механізм, що дало можливість також робити симуляцію процесу випуску шасі. Це покращує візуальне сприйняття об'єкту конструювання і допомагає остаточно перевірити кінематику системи у просторовому відношенні. Результати концептуально проектування представлено на рисунку 2. Вище описана методика реалізує процес концептуального конструювання. В подальшому спрощені елементи конструкції повинні доповнюватись усіма деталями і елементами. Згідно точної моделі повинні виконуватись автоматизовані інженерні розрахунки засобами CAE модулів системи CATIA v6. Таким чином здійснюється параметрична оптимізація даного технічного об'єкту.

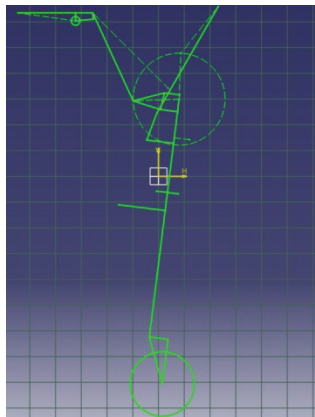


Рис.1. Кінематична схема шасі

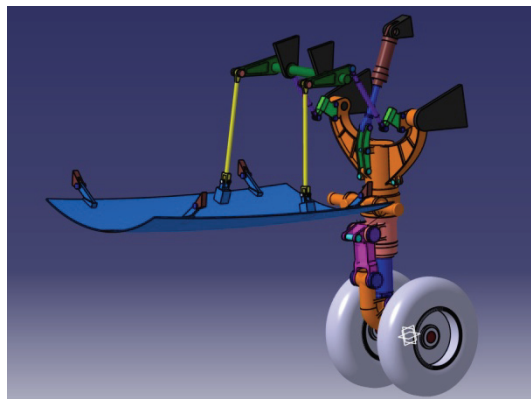


Рис.2. Результат концептуального проектування

Висновок

Етап концептуального конструювання – це творчий процес, що реалізує ідеї конструктора, сприяє пошуку інновацій, забезпечуючи виконання задач конструювання з мінімальними затратами і максимальною ефективністю. Таким чином знижується кількість помилок і зростає продуктивність всього процесу конструювання. Подальші дослідження будуть спрямовані на створення методики оптимізації, яка б вирішувала складні питання конструювання. Важливо, що ці принципи і засоби підходять не тільки для конструювання вузлів літака, а й для конструювання різноманітних технічних об'єктів та систем.