

УДК 005.311.2:004.94

С.В. Козьяков, аспірант**П.М. Ратушний**, студент

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІНТЕГРОВАНІХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Розглянуто формалізацію процесу концептуального проектування, представлено результати теоретичного та експериментального дослідження концептуального проектування складних технічних об'єктів.

Вступ

Стрімкий розвиток інформаційних систем та технологій автоматизації проектних робіт забезпечив появу різноманіття промислових виробів оригінального дизайну та призначення. Такі можливості забезпечують сучасні CAD/CAM/CAE – системи високого рівня, такі як NX компанії Siemens PLM Software, CATIA компанії DASSAULT SYSTEMES та ін. Разом з тим, етап концептуального проектування залишається малоформалізованим та методично представленим для відповідних фахівців.

Постановка завдання

Аналіз наукової та технічної літератури з питань формалізації концептуального проектування показав, що на терені СНД відсутні методики та методичні рекомендації з концептуального проектування в середовищі інтегрованих автоматизованих систем високого рівня [1-3]. Тому, автори роблять спробу формалізувати етап концептуального проектування з її практичною апробацією в інформаційному середовищі системи CATIA v6.

Результати досліджень

Основною метою конструювання є пошук необхідних інженерних рішень і втілення їх в конкретно поставленій задачі. Тому для найшвидшого отримання якісного результату процес конструювання повинен бути чітко визначеним і формалізованим, розділеним на кілька етапів. Першим етапом є технічне завдання, який обумовлює технічний проект, наступним – етап концептуального або ескізного проектування. Після нього виконується технічний проект, за яким створюється робочий проект. Одним з найважливіших етапів у проектуванні нового виробу є саме етап концептуального проектування. 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. Тому під час проектування нового виробу необхідно обов'язково виконувати концептуальне проектування, а оптимізація на цьому етапі покращить весь процес розробки.

Концептуальне проектування представляє собою візуальне оформлення основної ідеї проекту, під час якого проводиться дослідження та узгодження параметрів, аналіз загальних концептуальних рішень з усіх задач, 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'єкта, що проектується, його загальної характеристики про конструкцію, габарити, принцип роботи, взаємодію з іншими об'єктами.

Ескізні матеріали складаються з невеликої кількості ліній, що відображають без подробиць конструктивну схему та інколи ті її частини, що пояснюють і розвивають основну конструктивну ідею. Проект не повинен бути перенасиченим великою кількістю деталей і елементів, адже це значно ускладнює весь процес як розробки, так і сприйняття, крім того, на цьому етапі вони не мають цінності. В ескізній компоновці реалізована лише попередньо відібрана частина технічних вимог без детального розгляду можливості майбутньої реалізації інших вимог. Концептуальний проект може виконуватись у вигляді ескізу від руки та у вигляді комп'ютерних 3D моделей. Останні дуже ефективно використовуються, оскільки дозволяють виконувати аналіз на ранніх етапах.

Недосконалість ескізування компенсується швидкістю викреслювання. Швидкість необхідна для того, щоб конструктор зміг розглянути велику кількість варіантів, відібравши найдосконаліший. Складності графічної реалізації не повинні уповільнювати пошук оптимального рішення. Відпрацьовані варіанти повинні також перевірятись масштабним викреслюванням. Концептуальний проект може змінюватись у процесі розробки. Завдяки цьому можна легко вводити коригування, але так, щоб не змінювалась головна ідея, яка є центральною та об'єднує навколо себе решту.

Прийнято вважати, що концептуальне проектування використовується у тих випадках, коли технічний об'єкт не може бути описаний 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'єкта (об'єкта дослідження та процесів функціонування об'єкта, процесів обробки інформації) та способів взаємодії її структурних елементів відображає такі властивості, як приналежність технічного об'єкта до певного типу та його 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'єкта 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. Таким чином, формально концептуальну математичну модель (КММ) можна представити наступним кортежем:

$$S_{kmm} = \langle P, O, H_p, H_o, I_n, O_{ut}, S \rangle, \quad (1)$$

- 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 $\{p_m\} = s\{i\}$ інформаційних процесів $B(p)$ множини P на цю множину, де $\{p_m\}$ – множина процесів, виконання яких має суворо 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 формальна модель відображає суть концептуального проектування, яка полягає в тому, що під процесом концептуального проектування 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 варіанта проекту з множини варіантів, який за тими або іншими ознаками 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.

У випадку параметричного синтезу при відомій, заданій структурі об'єкта, підбираються параметри елементів таким чином, щоб ті мінімізували (максимізували) цільову функцію. Для цього нам треба використовувати алгоритми безперервного математичного програмування. У випадку, коли структура невідома, необхідно застосовувати методи дискретного математичного програмування. Якщо, крім підбору параметрів, необхідно ще й визначити структуру об'єкта, то треба застосовувати алгоритми дискретно-неперервного математичного програмування. Якщо зараз задача параметричної оптимізації вирішується практично для будь-яких об'єктів, то розвиток структурно-параметричної оптимізації знаходиться на початковому рівні. Структурно-параметрична оптимізація – це поєднання попередніх методів, що має більш універсальний характер.

Критерій оптимізації – це показник, який найбільш доцільний для даної оптимізації об'єкта. Він має бути об'єктивним і виправдовувати своє призначення. Для цього він повинен мати певні властивості, а саме: бути незалежним, однозначним, тобто не бути 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, залежно від характеру і призначення об'єкта конструювання, можуть бути: вартість, конструктивні і точнісні показники, вага, довговічність, ресурс. Параметри оптимізації цільової функції, залежно 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 варіанта з мінімумом недоліків) або оптимізацію на інтуїтивному рівні. Знання методів оптимізації, досвід роботи і здатність творчо мислити дозволяють конструктору уникнути недоліків і помилок у конструкції об'єкта.

Для практичної реалізації представлених теоретичних узагальнень концептуального проектування, в якості технічного об'єкта конструювання було розглянуто 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 якого не повинна перевищувати 25 т. Стійка повинна мати можливість забиратись в нішу. Привод повинен здійснюватись за допомогою гідроциліндра. 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 у напрямку вздовж будівельної осі літака проти руху потоку, що набігає. Це дозволить у випадку відмови гідросистеми випустити шасі за допомогою сил тяжіння та 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 в дію за допомогою одного основного гідроциліндра. Так ми позбуваємось додаткових приводів і вирішуємо проблему синхронізації. Стійка буде мати два колеса, що покращить розподіл навантажень на вісь і шасі в цілому. Тип самої стійки буде важільний, оскільки він забезпечує необхідне сприйняття удару (у випадку ґрунтової злітно посадкової смуги), 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 її детальніше.

Розроблена методика концептуального проектування отримана завдяки параметризації побудови ескізів у 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 закрийються стулки ніші шасі. Якщо результат нас не задовольняє, то змінюються відповідні параметри. Отже, здійснено структурну і частково параметричну оптимізацію на етапі концептуального конструювання. Кінцевий вигляд отриманої кінематичної схеми представлено на рис. 1.

Подальше концептуальне конструювання полягало у створенні 3D моделі, яка б відповідала поставленим раніше технічним вимогам і вже відомій структурі стійки та розмірам основних елементів. Процес конструювання й надалі проводили в інформаційному середовищі CAD/CAM/CAE системи CATIA v6 засобами твердотілого 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 розглядалися всі деталі як окремі елементи, так і у взаємозв'язку з іншими. Потім конструкція компонувалась у механізм, що дозволило зробити симуляцію процесу випуску шасі. Це покращує візуальне сприйняття об'єкта конструювання і допомагає остаточно перевірити кінематику системи у просторовому відношенні. Результати концептуального

проекування представлено на рисунку 2. В подальшому спрощені елементи конструкції повинні доповнюватись усіма деталями та елементами. Відповідно до точної моделі повинні виконуватись автоматизовані інженерні розрахунки засобами САЕ модулів системи САТІА v6. Таким чином, здійснюється параметрична оптимізація даного технічного об'єкта.

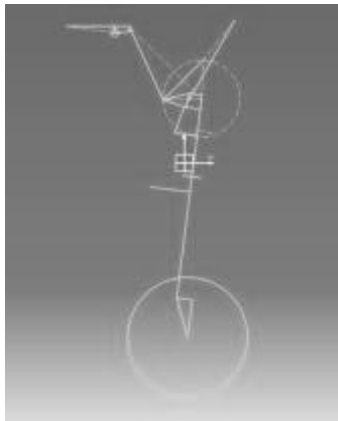


Рис. 1. Кінематична схема шасі



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 витратами і максимальною ефективністю. Таким чином, знижується кількість помилок і зростає продуктивність всього процесу конструювання. Подальші дослідження авторів спрямовані на створення методики оптимізації, яка б вирішувала складні питання концептуального конструювання.

Список використаних джерел

1. Гольдшмидт М. Г. Методология конструирования: учебное пособие / Гольдшмидт М. Г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 173 с.
2. Лоцманенко В.В. Проектирование и конструирование (основы): учебное пособие / Лоцманенко В.В., Кочегаров Б.Е. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2004 – 96 с.
3. Павленко П.Н. Автоматизированные системы технологической подготовки расширенных производств. Методы построения и управления: монография / Павленко П.Н. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2005. – 280 с.