

## ВІРТУАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ В МАШИНОБУДУВАННІ

Григор'єва Н.С., Шабайкович В.А.

(ЛНТУ, Луцьк, Україна)

Тел.: +38 (032) 241 90 50, E-mail: vik\_shabajkin@ukr.net

**Abstract.** *With virtual design of structures, the quality of products and process environment and fitting-out can be considerably improved. As well as other objects machine building quality: technology, organization and more. The essence of virtualization is obtaining dynamic virtual computer image. Optimal object version with better quality at lower cost design, fabrication and exploitation will be selected.*

**Key words:** *virtual, design, quality, machine building, computer image.*

Віртуалізація<sup>1</sup> останнім часом стало «модю» в ІТ-середовищі, вважаючи, що віртуалізація - це круто, сучасно і потрібно всім. Основними типами віртуалізації є: віртуалізація уявлень, віртуалізація додатків і віртуалізація серверів. Повною віртуалізацією є емуляція, наприклад ігрові консолі QEMU. Віртуалізація не є новиною, використовується вже більше чотирьох десятиліть. Історично віртуалізація використовувалася в різних ситуаціях. Віртуалізація забезпечує безліч способів підвищення якості та зменшення витратності конструкції [1] як при її проектуванні, так і виготовленні.

Концепція віртуальної розробки конкурентних конструкцій виробів і технологічного обладнання полягає в одержанні динамічного віртуального образу на комп'ютері інтерактивних середовищ, які включають в себе набір технічних, програмних і апаратних засобів, а також моделюючих, інформаційних і інтелектуальних ресурсів для забезпечення високої якості об'єктів віртуальної розробки при мінімальних виробничих витратах за рахунок оптимального управління станом вказаних середовищ. Віртуалізація конструкційних розробок виробів і переналагоджуваного технологічного обладнання та оснащення передбачає наявність віртуальних об'єктів конструкційного середовища та віртуальних форм їх взаємодії, в результаті чого повстає віртуальна конструкція виробу, що проектується чи процесу, що розробляється. При віртуалізації конструкції інформаційні зв'язки мають бути гнучкими, а швидкість обміну інформацією достатньою для вирішення конструкційних завдань в режимі реального часу.

Віртуальне представлення конструкцій виробів і технологічного обладнання матиме велике значення в майбутньому комп'ютерно-інтегрованому виробництві СІМ оскільки в комп'ютерному середовищі можна швидко зробити креслення об'єктів конструкції, повністю підготовлених до заданих умов сучасного виробництва, розробити оптимальний варіант виробів, підібрати або запроєктувати найбільш підходяще для його виготовлення переналагоджуване технологічне обладнання та оснащення. Але головним при цьому є те, що відкривається можливість перегляду на комп'ютері віртуальної реалізації конструкції виробу, технології виготовлення, а також проглянути майбутню експлуатацію як складаного виробу в цілому, так і віртуального переналагоджуваного технологічного обладнання та оснащення, або окремих його відповідальних вузлів. Створюється майже ідеальна ситуація, коли при відсутності реальних конструкцій та технологій, відкривається можливість проектування з їх віртуальними прототипами. Особливо цінно те, що на підставі одержаних результатів роботи віртуальних об'єктів з метою підвищення якості та конкурентності можна ввести всі необхідні зміни як в віртуальну конструкцію об'єктів, так і в технологічних процесах автоматичного чи автоматизованого складання. Можна стверджувати, що ні одна з відомих традиційних ме-

---

<sup>1</sup> надання набору обчислювальних ресурсів або їх логічного об'єднання, абстраговані від апаратної реалізації та забезпечення при цьому логічну ізоляцію обчислювальних процесів, які виконуються на одному фізичному ресурсі.

тодик не забезпечить одержання таких високих результатів. Фактично працемісткість оптимізованої конструкції виробів замінюється розрахунком і моделюванням потрібних параметрів на комп'ютері за значно коротший час. Головною метою розробки віртуальних виробів, а при необхідності технологій виготовлення, обладнання та експлуатації є підвищення якості виробів, що продукуються, їх конкурентності при значному зменшенні часових і грошових витрат на це.

Конструкція віртуальних виробів - це інтерактивна конструкція, котра дозволяє отримати комп'ютерне адекватне відображення реальної конструкції об'єктів. Елементами таких конструкцій виробів, технологій, експлуатації в загальному виступають математичні моделі (рис.1):

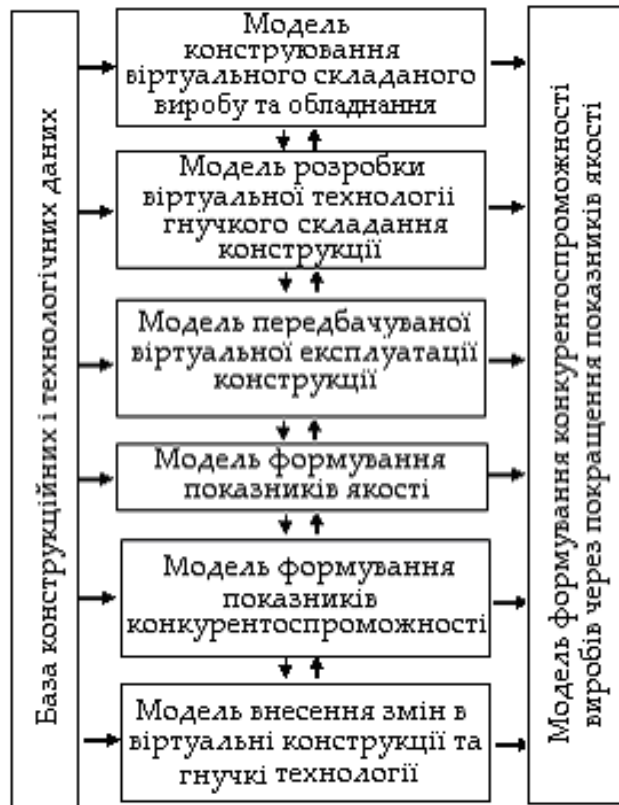


Рис.1. Блок-схема формування віртуальної конструкції, технології та експлуатації конкурентних виробів

Математичні моделі (рис.1):

- виробу, його вузлів і деталей;
- гнучкої технології виконання необхідних складальних робіт, об'єднаних у модулі;
- передбачуваної віртуальної експлуатації одержаних конструкцій виробу та переналагоджуваного обладнання, оснащення;
- формування показників якості виробу та його гнучкої технології автоматичного складання;
- формування показників конкурентоспроможності;
- внесення покращувальних змін в віртуальні конструкції та технології за рахунок використання зворотних зв'язків.

Математичні моделі конструкцій виробів і технологічного обладнання з оснащенням дозволяють їх проектування на високому рівні. В модель таких конструкцій закладається можливість здійснення їх автоматизованого чи автоматичного виготовлення, в котрих деталі займають єдино можливе відносне положення з забезпеченням повної техно-

нологічності конструкції деталей та вузлів, оптимального числа деталей в вузлах, заміни традиційних способів з'єднання деталей новими, більш ефективними та інше. Проектування оптимального варіанту конструкції пов'язане з вибраними критеріями. В загальному завдання зводиться до математичної задачі визначення на допустимій множині необхідного поєднання параметрів, які забезпечують екстремальне значення функції мети. Оскільки об'єкти складального виробництва в дійсності є багатоцільовими, то слід застосовувати багатокритеріальні та багатопараметричні оптимізаційні моделі [2], котрі дозволяють враховувати різноманітні умови функціонування, всі завдання, що виконуються, їх взаємопов'язання, декілька параметрів функції мети, складність системи, проводити імітаційне моделювання структурних і параметричних характеристик в режимі реального часу тощо. Для реалізації такого підходу можна і слід використати відомі методи і алгоритми оптимізації, програмне забезпечення. Наприклад, тепер засобом створення різних моделей гнучкого автоматичного складання є версія 5.10 відомої

системи тримірного твердотілого моделювання, проектування складальних конструкцій і технологій, їх автоматичного складання КОМПАС-3D фірми Askon [3].

Методологія автоматичного проектування віртуальних конструкцій повинна бути строго орієнтована на СІМ. Одна з таких відомих методик DMA (*Design for Manufacture and Assembly*) передбачає широке використання проблемно-орієнтованих систем QFD, DFM, CAD/CAM/CAE, CAP, CAQ, PPS і ряду інших. Інша система DFM (*Design for Manufacture*) дозволяє попередньо оцінювати виробничі витрати на виготовлення, що має велике значення для конкурентоспроможності виробів. В рамках цих систем виконується проектування конструкції виробів, орієнтованих на автоматичне виготовлення. Але ці всі інтегровані системи відрізняються різноманітністю, не стикувальністю, хоча охоплюють програмне забезпечення, починаючи від вибору концепції та конструкції, до одержання конструкторської документації та навіть програм обробки деталей і їх автоматичного чи автоматизованого складання. Тому завданням на найближче майбутнє є проведення робіт по створенню комплексу програм для проектування віртуальних конструкцій. В першу чергу при використанні відомих програм, їх стикування та розробкою нових з багатофункціональним призначенням, однотипністю складальних з'єднань, єдиною структурою конструкторської інформаційної бази, використанням методик типу *Virtual Reality* та *Digital Prototyping* і їх подальшому вдосконаленню.

Розробка віртуального проектування конструкцій виробів реалізується в окремих автономних модулях, які інтегровані ядром, що має геометричний процесор з загальними функціями і операціями. В модулі віртуального проектування проробляються можливі модифікації дизайну, двомірні непараметричні (режими проектування складальних вузлів), параметричні (аналіз ситуацій та рішень) і тримірний параметричний режим для розміщення деталей, вузлів технологічного обладнання та оснащення. Модулі конструювання виконують проектування різних геометричних елементів деталей, складні конструкційні елементи і їх групи. Аналіз і оптимізація дозволяють розчленовувати моделі на елементи, виконувати кінематичний та структурний аналіз, оптимізувати складальний об'єкт. Технологічні модулі розробляють технологію автоматичної обробки запроектованих деталей на верстатах з ЧПУ з можливістю їх автоматичного складання на технологічному обладнанні з програмним управлінням [4].

Організація віртуального проектування конструкцій виробів і технологічного обладнання з оснащенням розробляється також віртуально і передбачає вдосконалення відомих форм і розробку нових в СІМ і СІМС (*Computer Integrated Manufacturing Systems*). В першу чергу це організацію робочих місць, орієнтованих на безлюдне виробництво. Подальший розвиток одержить організація процесів відповідно системі DSS (*Decision Support System*), яка реалізує технологію OLAP (*On-Line Analytical Processing*) та забезпечує доступ до баз даних і їх видачу в зручній для аналізу та синтезу формі. Тут і інтелектуальний аналіз даних, інформаційні сховища даних, гібридні системи планування, системи управління персоналом *Personnel*, управління конкурентністю тощо. Важливим при цьому є планування виробничих засобів (*MRP*), стратегія „точно на час” (*JIT*), економна продукція (*Lean Production*) та управління (*Lean Management*), управління вузькими місцями (*OPT*), системи „штовхання” - *push (MRP-II* і інші), „висмоктування” - *pull (PIT* і інші), „витискування” - *squeeze (OPT* і інші). Ці системи передбачають комп'ютерну координацію засобів і потреб по загальній інформаційній базі з багаторазовим узгодженням і повторенням.

Віртуальне проектування виробів і обладнання дозволяє:

- швидко побудувати оптимальний варіант об'єкту;
- визначити необхідні зміни і реалізувати їх в напрямку вдосконалення конструкції;
- проводити розмірний аналіз з метою встановлення необхідної конструкції;
- виконати необхідні розрахунки точності;

- оцінити якість віртуальної конструкції виробу чи обладнання;
- на всіх етапах розробки конструкції сформувати більш високий рівень якості віртуально складеного виробу та його конкурентності;
- переглянути і оцінити реалізацію конкуруючих варіантів віртуальних конструкцій виробу та обладнання;
- отримати тверду базу для розробки реальної конструкції об'єкту віртуальної розробки;
- скоротити терміни підготовки одержання технічної документації;
- встановити рівень конкурентності виробу, обладнання з оснащенням.

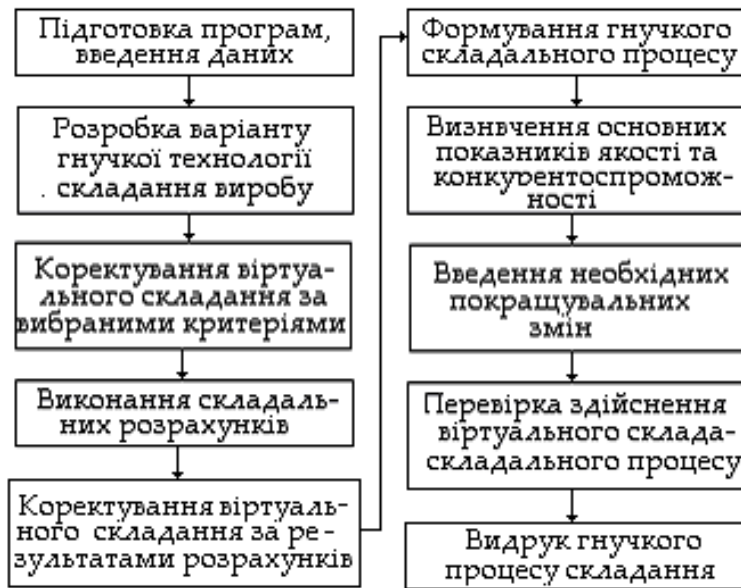


Рис.2. Головні етапи розробки віртуальної конструкції виробів

Етапи розробки віртуальної конструкції виробів показані на (рис.2). Як відмічалось, віртуальна експлуатація виробу вирішується як з використанням статистичних даних експлуатації подібних частин виробу, так і моделюванням очікуваної експлуатації лімітуючих його ланок, які є функцією конструкційних і технологічних чинників. Такі завдання досить складні та практично не вирішуються відомими способами в тому числі і при автоматизації розрахунків. Вони вимагатимуть використання концепції *CALS* і застосування комп'ютерів останньої генерації чи нейрокомп'ютерів.

Для практичної реалізації проектування віртуальних конструкцій необхідна організація сучасних програмних науково-дослідних лабораторій, розроблення та тиражування відпрацьованого програмного забезпечення, підготовки висококваліфікованих кадрів тощо. На це буде потрібне значне фінансування з боку держави, що в найближчий час в Україні практично неможливо. Тому завданням сьогодення є подальша розробка електронної інформаційної бази, часткового програмного забезпечення.

**Список літератури:** 1. Ахрем А.А., Макаров И.И., Рахманкулов Б.Т. Математическая теория виртуализации процессов проектирования и трансфера технологий. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, -316 с. ISBN 978-5-9221-1412-7. 2. Брусов В.С. и др. Оптимальное проектирование летательных аппаратов. Многоцелевой подход. –М.: Машиностроение, 1989. -230с. 3. Григор'єва Н.С. Модульная сборка в машиностроении. Монографія. Saarbrücken, Deutschland. Изд-во Palmarium Academic Publishing. 2014. - 353 с., ил. ISBN 978-3-659-98893-6. 4. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів: Монографія. -Луцьк: Надстир'я, 2008. – 520 с. ISBN 978-966-517-618-3.