

УДК 514.18

О.В.Архіпов, В.М.Сенченко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АДАПТИВНЕ ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АГРЕГАТИВ МАШИН У СЕРЕДОВИЩІ AUTODESK INVENTOR

Робота присвячена комп'ютерному геометричному моделюванню складних вузлів та агрегатів машин у програмі Autodesk Inventor. Розглянуто сучасні вимоги до тривимірних комп'ютерних моделей, питання параметризації моделей і накладення адаптивних зв'язків між їх елементами. Запропоновані підходи апробовано при створенні параметричних моделей великої кількості автомобільних вузлів та агрегатів.

Ключові слова: *геометричне моделювання, комп'ютерна модель, конструкція автомобіля.*

Постановка проблеми. Комп'ютерне геометричне моделювання у наш час знаходиться на новому етапі свого розвитку. Його засобами можливо описувати все більш складні геометричні конструкції існуючих та майбутніх об'єктів техносфери. Все більше увага при проектуванні нових об'єктів та вдосконаленні існуючих повинно приділятися питанням параметризації, чому сприяє поява нового сучасного програмного забезпечення. Саме розробка геометричних моделей об'єктів машинобудування методами геометричного та комп'ютерного моделювання, на основі яких виникає можливість створення їх оптимальних варіантів геометричного конструктивного вигляду, є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Швидкий розвиток комп'ютерних технологій останнім часом дозволяє по-новому поглянути на питання геометричного моделювання вузлів і агрегатів сучасного машинобудування. Наприклад, пакет Autodesk Inventor дозволяє не тільки створювати параметричні моделі конструкцій, але й виконувати їх міцнісний та динамічний аналіз, моделюючи рух всіх частин механізму. Разом з тим, в наявній літературі [1, 2] не наведено достатньо рекомендацій і прикладів геометричного моделювання механізмів значної складності. Не достатньо уваги приділяється й питанням параметризації, методам накладення адаптивних залежностей між окремими елементами конструкцій. Хоча саме ці можливості, при використанні сучасних CAD / CAE / CAM систем, дають можливість швидко вирішувати завдання оптимізації геометрії машинобудівних вузлів, знижують строки їх проектування та пов'язані з цим матеріальні витрати. Разом з тим, комп'ютерне геометричне моделювання дуже повільно впроваджується на вітчизняних промислових підприємствах. Враховуючи, що загальні принципи можливої модернізації автомобільних вузлів та агрегатів відомі [3, 4, 5], комп'ютерні моделі можуть дозволити швидко аналізувати ефективність нових конструкторських рішень.

Метою роботи було обґрунтування сучасних вимог до геометричних комп'ютерних моделей вузлів та агрегатів машинобудування, зокрема автомобілебудування, розробка та апробація методів та алгоритмів побудови складних параметричних моделей виробів, елементи яких геометрично пов'язані, розробка тривимірних моделей складних автомобільних агрегатів та вузлів та надання рекомендацій щодо можливості їх подальшого застосування.

Основна частина. Тривимірна комп'ютерна модель виробу, що побудована відповідно до сучасних вимог, повинна:

- дозволяти візуально і в автоматичному режимі знаходити й усувати основні недоліки виробу ще на початковій стадії його розробки;
- бути параметричною, тобто швидко змінювати розмір і форму за бажанням проектувальника, що дає змогу забезпечувати багатоваріантність геометричних рішень і відповідних графічних зображень (при цьому окремі деталі, які сполучаються, повинні бути адаптивно залежними);
- нести інформацію про властивості матеріалів усіх деталей конструкції та дозволяти проведення на її базі міцнісних, температурних, динамічних та інших розрахунків;

- давати можливість легко переходити до двовимірного подання конструкції, у тому числі у вигляді кресленика;
- допускати можливість застосування програмних засобів візуалізації для використання у презентаціях, дизайнерських розробках, рекламі, комп'ютерній анімації.

Застосування пакету Autodesk Inventor, та й деяких інших сучасних пакетів, дає змогу задовольнити всім цим вимогам, але параметризація моделі потребує додаткових зусиль. Під параметричною ми розуміємо таку модель вузла, яка допускає адаптивну зміну не тільки лінійних параметрів форми окремих його деталей та кількості елементів масивів їх конструктивних елементів, але дає змогу у межах однієї моделі суттєво змінювати геометрію деталей. Можливість створення таких моделей у пакеті Autodesk Inventor ґрунтується на наступних фактах:

- взаємне розташування робочих площин, що містять геометричну частину визначника поверхні деталі, може бути параметром, що допускає зміну в межах однієї геометричної моделі;
- сама геометрія твірних (або контурів), напрямних, траєкторій видавлювання, що використовуються при кінематичному способі завдання поверхні деталі, може бути підлегла відповідним параметрам (наприклад, дуга кола при збільшенні значення його радіуса наближається до прямої).

Звісно, перед початком побудови тривимірної параметричної моделі деталі необхідно всебічно проаналізувати її геометрію та наявні можливості та доцільність змін тих чи інших її геометричних параметрів. Якщо деталь належить до складного механізму, необхідно повністю уявити її місце у ньому та наявні зв'язки між окремими елементами. Якщо надано технічне завдання щодо розробки (або кресленик загального вигляду), необхідно у його межах максимально повно передбачити всі можливі раціональні чи перспективні варіанти зміни геометрії кожної окремої деталі (та конструкції в цілому). Безперечно, це потребує досвіду, який неодмінно з'являється при практичній роботі.

Побудова параметричних моделей деталей, які входять до складу автомобільних масляних насосів (рис. 1), відбувалася тільки після всебічного аналізу конструкції відповідних механізмів.

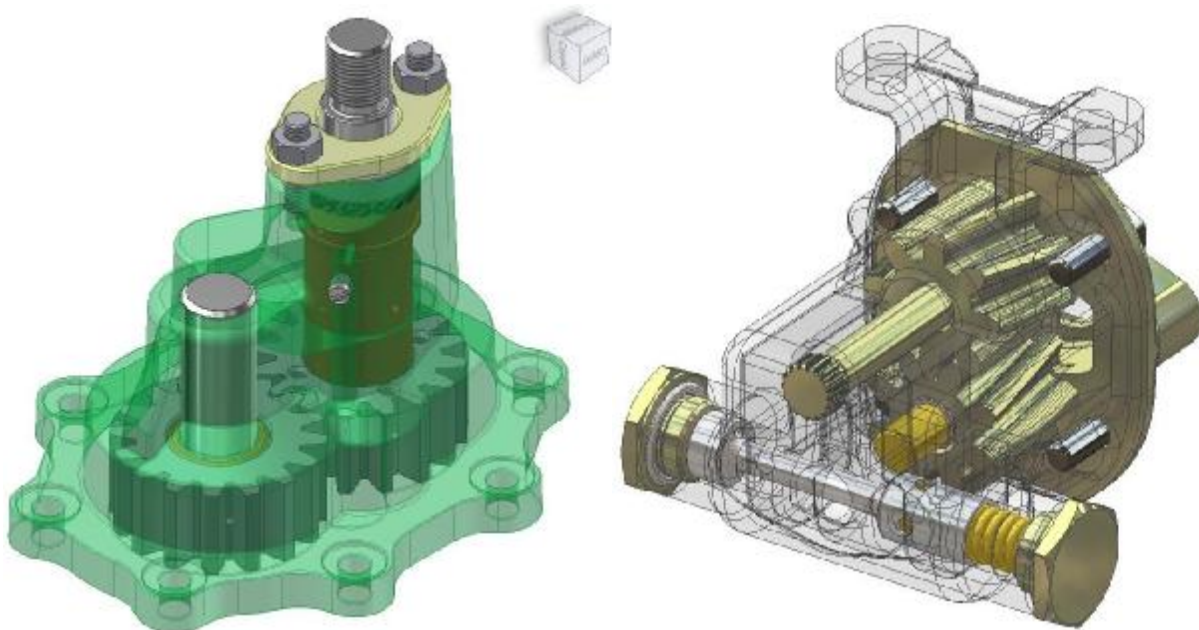


Рис. 1. Параметричні моделі автомобільних масляних насосів

Звичайно бажано, щоб зміна геометрії зазначених деталей автоматично відбувалась разом зі зміною геометрії інших деталей, які їм відповідають, та навпаки. Це можливо при використанні засобів адаптивного проектування. Адаптивність – це функціональний засіб, який дає змогу визначати розміри деталі за її співвідношенням з іншими деталями у вузлі.

Досягти адаптивного зв'язку між окремими деталями у пакеті Autodesk Inventor можна кількома засобами:

- визначати адаптивні параметри тієї чи іншої деталі вже при моделюванні вузла через запозичення необхідних розмірів інших деталей, геометрично пов'язаних з нею;
- моделювати деталі безпосередньо в режимі складання вузла з використанням функції "проекціювання геометрії";
- на початку створення нової деталі використовувати в якості "похідного компонента" вже існуючу деталь;
- розміри окремих деталей, які збігаються або є залежними, заносити в файл таблиці Excel, який пов'язаний з Autodesk Inventor, а потім посилатися на нього.

Треба зауважити, що вибір першочергових параметрів, відносно яких повинні змінюватися менш значимі розміри або геометрія деталей у вузлі, є принциповою задачею. Від її вирішення залежить практична цінність тієї чи іншої моделі. Так, при створенні параметричної комп'ютерної моделі на базі масляного насоса самоскида М-585, призначеного для подачі масла у циліндри перекидаючого механізму редуктора, у якості параметра, який повинен легко варіюватися, була взята геометрія зубчастих прямозубих зубчастих коліс, а при створенні моделі на базі насоса автомобіля МАЗ-204 – геометричні параметри косозубої передачі (див. рис 1).

При створенні параметричної комп'ютерної моделі диференціала заднього моста автомобіля у якості базової (похідної) геометрії було обрано конічну передачу, а модель відцентрового водяного насоса двигуна автомобіля адаптивно пов'язана з геометрією крильчатки (рис. 2). Такі моделі доцільно використовувати на етапі попереднього аналізу, а при необхідності їх можна уточнити або доповнити.

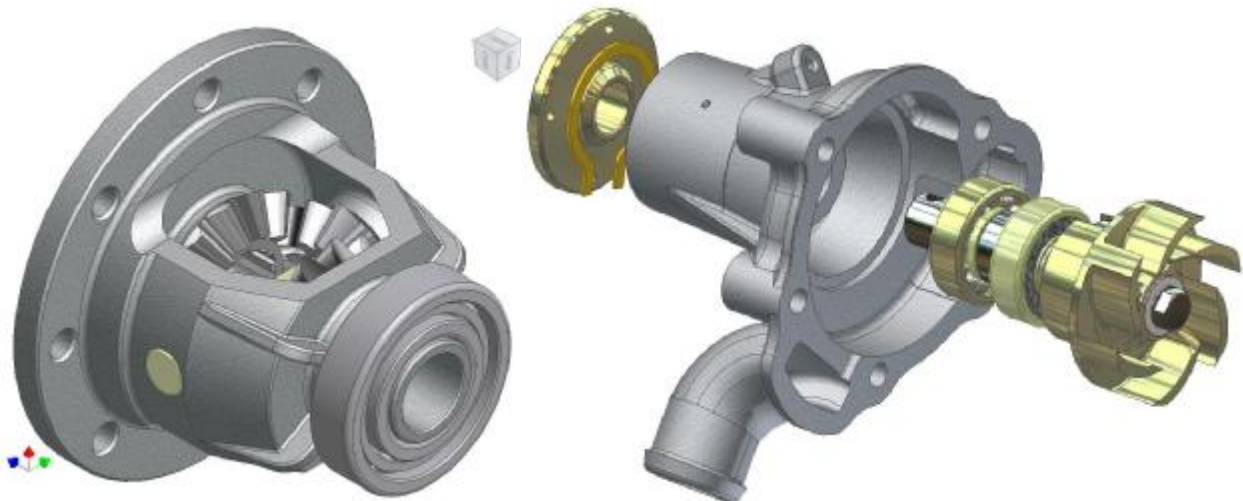


Рис. 2. Моделі диференціала автомобіля та відцентрового водяного насоса

Іншим об'єктом для моделювання став рядний чотирициліндровий двигун MeM3-317, який виробляється в Україні на Мелітопольському моторному заводі та встановлюється на автомобілі "Сенс" та "Ланос". За креслениками заводу-виробника у пакеті Autodesk Inventor була побудована адаптивна параметрична тривимірною моделлю базової конструкції двигуна, яка відповідає всім зазначеним вище вимогам (рис. 3). Була поставлена задача оптимізації геометрії камери згоряння та інших елементів двигуна з метою досягнення більш високих його технічних характеристик.

При моделюванні зубчастих зачеплень, ремінної передачі, пружин, валів, кулачків, шпонкових зачеплень широко застосовувався "Майстер проектування" Autodesk Inventor. Стандартні вироби обиралися з відповідної бібліотеки, що міститься у пакеті. Здійснення складання елементів конструкції двигуна здійснювалося шляхом накладання статичних, динамічних, керуючих залежностей. Подальша варіація їх дозволила змонтувати у середовищі Inventor Studio відеоролик, що відображає роботу двигуна, процес його розбирання і складання.

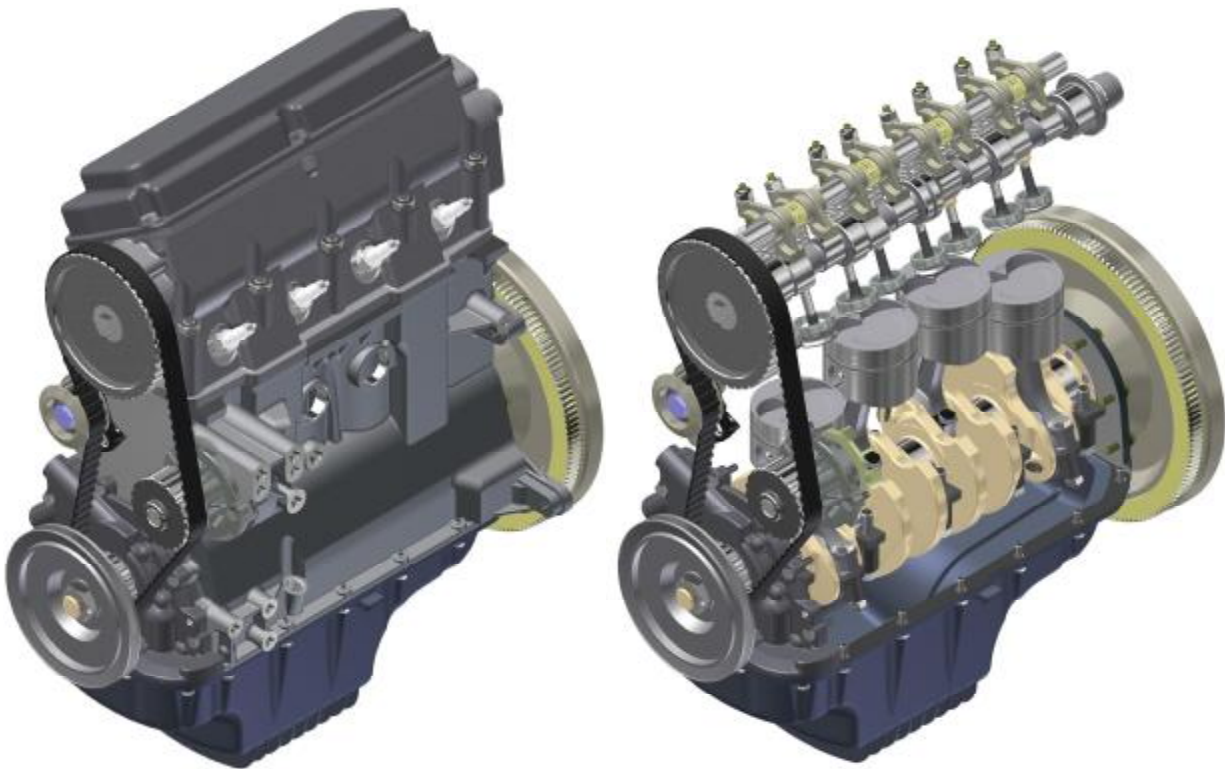


Рис. 3. Тривимірний модель двигуна MeMZ-317

Базовою деталлю двигуна є блок циліндрів. Засоби Autodesk Inventor дозволили пов'язати з ним геометричну конфігурацію і розміри інших деталей двигуна (головки блоку циліндрів, колінчастого валу, поршнів та ін.). Одним із перспективних засобів зниження витрати палива ДВЗ з іскровим запалюванням є застосування безпосереднього упорскування палива з розшаруванням паливо-повітряного заряду, а також застосування декількох клапанів на впуск повітря й випуск відпрацьованих газів. Тому, побудована модель передбачала можливість істотної зміни геометрії головки блоку циліндрів базової моделі MeMZ-317 (рис. 4). Модернізація головки передбачає збільшення кількості впускних і випускних клапанів з 8 до 16, що дозволить підвищити характеристики наповнення ДВЗ робочою сумішшю. Враховано можливість забезпечення безпосереднього упорскування палива в циліндр шляхом установки 4 форсунок, що веде до зниження витрати палива [5]. Модернізація спричинила необхідність внесення змін до геометрії внутрішніх каналів для змащення й охолодження головки блоку циліндрів, позиції розташування свічок, кількості і способу кріплення розподільчих валів.

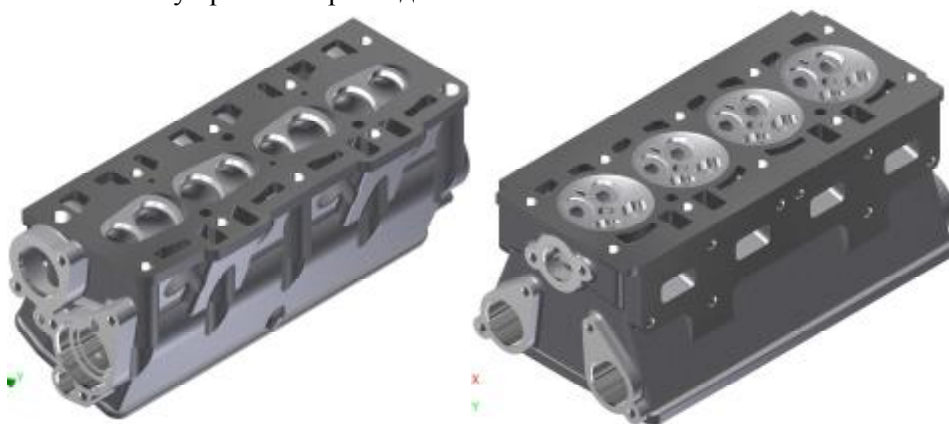


Рис. 4. Моделі базової та модифікованої головок блоку циліндрів

Прикладом застосування параметричного моделювання у новітніх розробках є насос до екологічно чистого криогенного автомобіля (розробка ХНАДУ). Завдяки параметризації було
© О.В. Архінов, В.М. Сенченко

отримано та проаналізовано багато варіантів його конструкції, які можуть бути використані не тільки за прямим призначенням, а й у криогенній та вакуумній техніці. Базовими геометричними параметрами при його моделюванні були: діаметр та хід поршня, кількість та геометрія ребер охолодження, віддаленість механічного приводу від кріостата (рис. 5). Насос з відповідними до вимог технічними характеристиками успішно пройшов випробування.

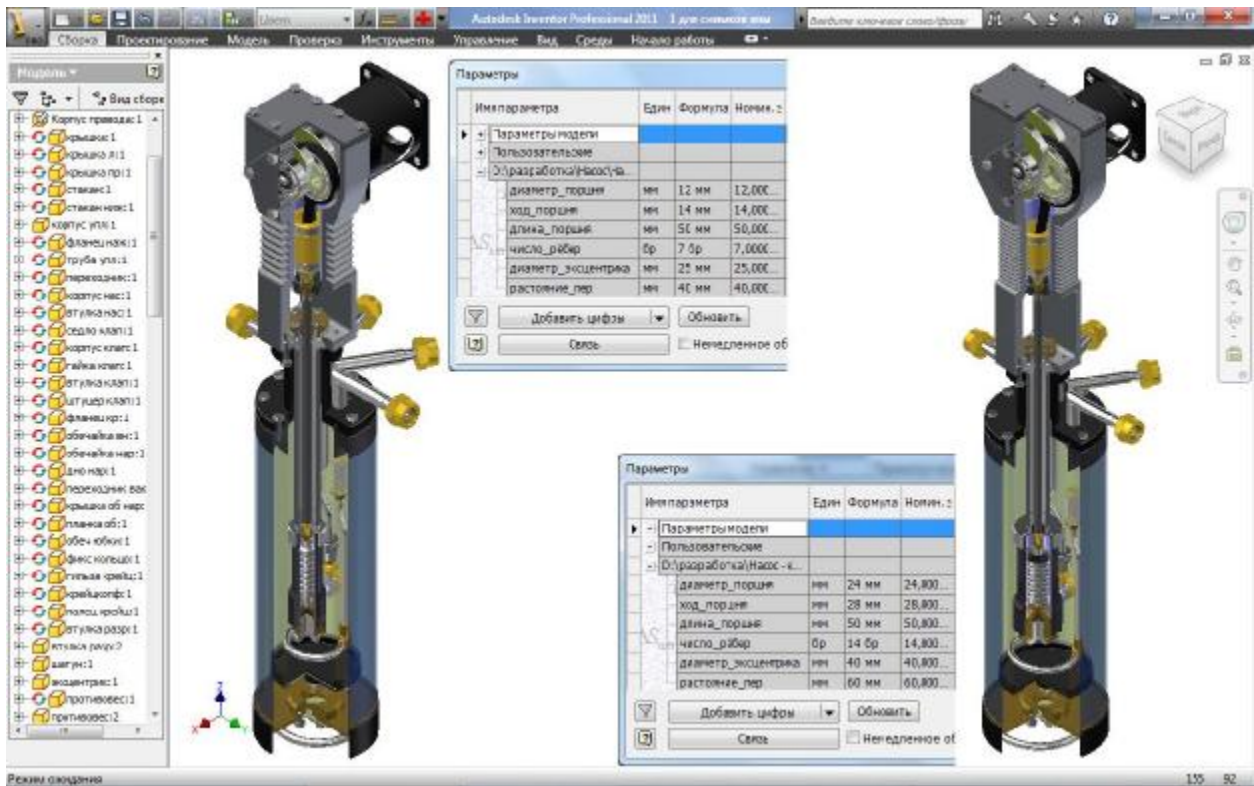


Рис. 5. Вплив зміни параметрів на геометрію моделі криогенного насоса автомобіля

Висновки та перспективи. Таким чином, при застосуванні засобів параметричного комп'ютерного моделювання, технічні характеристики багатьох виробів машинобудування та автомобілебудування можуть бути суттєво розширені та підвищені за рахунок аналізу та оптимізації геометрії їх елементів. Комп'ютерні моделі можуть використовуватися для розрахунку полів напруг, температур, гідродинамічних розрахунків із застосуванням таких пакетів як ANSYS, Nastran, SimuLink, Cosmos Flow Simulation та ін. Параметричне моделювання повинно ширше застосовуватися, оскільки, при застосуванні сучасних алгоритмів і програм, суттєво зменшує час та кошти на розробку нових та вдосконалення наявних машинобудівних виробів.

1. Банах Д.Т. Autodesk Inventor: [пер. с англ.] / Дэниэл Т. Банах, Трэвис Джонс, Алан Дж. Каламейя. – М.: Лори, 2006. – 714 с.
2. Концевич В.Г. Твердотельное моделирование машиностроительных изделий в Autodesk Inventor / В.Г. Концевич. – К. – М.: ДиаСофтЮП, ДМК-Пресс, 2007. – 672 с.
3. Орлов Н.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие: в 2 т. / Н.И. Орлов; под ред. П.Н. Учаева. – Изд. 3-е, исправл. – М.: Машиностроение, 1988.
4. Иванов А.М. Основы конструкции автомобиля / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский. – М.: ООО "Книжное издательство "За рулем", 2005. – 336 с.
5. Луканин В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 т. / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др. – Изд. 3-е, перераб. – М: Высш. шк. – 2007. – 400 с.