

## Възможности за намаляване себестойността на продукцията чрез използване на нови методи за проектиране и производство на детайли

Георги Георгиев

**Abstract:** *Engineering has its origins from the craft, where design and production were inextricably linked. During the Industrial Revolution, design and production are separated as individual stages in the life cycle of products, and the production phase used to input standardized data media (drawings) created as a result of the design phase. This common and widely used method currently known as "forward engineering", requires a relatively long preparation period before the new product to hit the market and to consumers. In today's rapidly evolving market it is vital that this process be reduced as much as possible.*

**Key words:** *reverse engineering , Concurrent Engineering, digital model.*

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

В областта на машиностроителните практики съществуват редица добри примери, които успяват да предложат положителни резултати в направление скъсяване времето от проектната идея до представянето на готовия продукт на пазара. Като пример може да се посочи възникналото и прилаганото през 80-90те години на миналия век в японските автомобилни компании паралелно инженерство (Concurrent Engineering). Според [2] целият подготвителен период на японските производствени проекти по онова време е бил равен на 43 месеца, а за Европа съответно на 63 месеца. Този подход, обаче, и в момента е скъп за реализация, затова се прилага в големи компании в областта на космическите технологии (НАСА, European Space Agency Concurrent Design Facility, CNES - French Space Agency, ASI - Italian Space Agency, Swiss space center), самолетостроенето (The Boeing Company), автомобилни компании ("Honda Motor Co.", „Toyota Motor Corporation“) и др.

Други методи като „разгръщане на функцията качество“, методът на Тагучи или технологията с приложение на CAD/CAM и колаборативно инженерство са примери за елементи или „инструменти“ в паралелното инженерство.

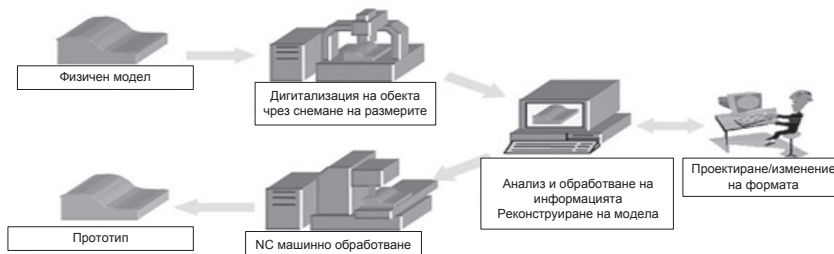
Независимо от избрания подход за бърза реализация на продукцията на пазара, общото в стратегиите на компаниите е необходимостта от дигитализация на физическата информация за произвеждания обект. Съхраняването на данни за производството в такъв вид има много предимства, като основните са същественото скъсяване на процеса на проектиране, възможност за внасяне на промени в конструкцията и дизайна на всеки етап от проектирането и производството, създаване на сходни по форма обекти и много др. Задължително стана в системите за управление на производството да се интегрират компютъризирани инструменти като пакетите CAD/CAM/CAE, които дават прозрачен достъп до информацията, повишават ефективността, улесняват екипната работа и като резултат намаляват времето на конструктивния и производствения цикъл.

Друг важен елемент при избор на производствена стратегия е използването на предимствата, които дава ре-инженеринга (reverse engineering). Той дава възможност за съкращаване на времето за проектиране и по-бързо стартиране на производството на нови детайли от съществуващи прототипи, които могат да бъдат със същата или подобна/подобна геометрична форма и размери, при спазване на изискванията на потребителите. Това е процес на създаване на компютърен модел в CAD среда от съществуващ физически обект. Ре-инженерингът се свързва с понятието „Rapid product development“ (бързо прототипиране на продукт), с което се описват сравнително скоро разработените технологии и техники, подпомагащи производители и дизайнери в изпълнението на изискванията за намаляване времето за разработването на продукта. Чрез тях много бързо може да се преобразува

входната информация за физически съществуващ тримерен обект в цифров модел за сравнително кратко време и финансови разходи.

## 2. АНАЛИЗ НА ЕТАПИТЕ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА МЕТОДА НА РЕ-ИНЖЕНЕРИНГА

Основните етапи при проектиране по метода на ре-инженеринга са (фиг. 1) [3, 4]:



Фиг. 1. Етапи при ре-инженеринга

- Получаване на цифрова информация за формата и размерите на физически съществуващия обект чрез контактно или безконтактно извличане на информацията (посредством координатно-измервателни машини, индустриални томографи, 3D скенери, фотоапарати и др.);
- Обработване на получената информация – входната информация се получава като „облак“ от точки с определени в пространството координати, извършва се чрез специализиран софтуер, който инструментариума на фотограметрията изчислява пространственото разположение на голямо количество характерни точки от обекта;
- Създаване на CAD модел - геометричната информация от „облака“ точки се обработва и се преобразува в информация, с която могат да работят CAD софтуерите; в резултат се получават мрежови или повърхнинен модел, който в последствие може да се трансформира в твърдотелен модел. Необходимо е използване на специализиран софтуер, избора на който зависи от използвания начин за получаване на входната цифрова информация;
- От разработения CAD модел се получава прототип с помощта на NC машинно обработване или 3D принтиране.

### 2.1. Методи за получаване на цифрова информация за формата и размерите на физически съществуващ обект

Като правило контактните методи за получаване на геометрична информация за обекта са с по-висока точност от безконтактните, но времето за събиране на тази информация е значително по-голямо, поради необходимостта контактната сонда да обходи цялата повърхност на измервания обект. Друг проблем е, че поради голямото количество информация се получава дублиране на геометричната информация за дадена точка. Това налага допълнителни изчисления за отстраняване на неточните данни и определяне на действителното местоположение на точката.

Сканиращите системи, независимо от вида им, са получили общото наименование 3D скенери. В зависимост от начина на изграждане те могат да бъдат стационарни или ръчни, наземни и въздушни, с една или повече камери, лазери, работещи чрез триангулация, импулсни (пулсови) лазери и фазови лазери. Чрез използването на повече от една камери се ускорява процеса на сканиране и получаване на първоначалната геометрична информация за обекта. Точността на получаваната геометрична информация зависи най-вече от резолюцията на използваните сензорни елементи. Основен недостатък, освен по-ниската точност, е

невъзможността да се определи реалната дълбочината при наличие на отвори, канали или други кухини в обектите. 3D лазерното сканиране като технология е идеално пригодно за измервания и инспекция на оконтурени повърхности и сложни геометрии, изискващи големи количества от данни за тяхното точно описание и при които не е практично използването на традиционните измервателни методи или на контактна сонда.

При използване на рентгенови лъчи недостатъкът с определяне на вътрешни повърхнини не съществува [8]. При промишленото им приложение се използват същите методи за получаване на изображение както в медицината - скопия, графия, компютърна томография. За разлика от компютърната томография за медицински цели тук се върти обектът, а не източникът на лъчи, при което се получава по-евтина конструкция.

Изброените до тук методи са в различна степен скъпи и трудно биха се използвали от малки фирми с ограничени финансови ресурси.

Друг метод за получаване на входяща цифрова информация, при това сравнително евтин, е чрез фотографиране. Използването на фотоапарати (камери) има предимство пред 3D скенерите, тъй като на тях им е необходимо време за сканиране на обекта, докато камерата заснема даден обект почти моментално.

Фотографията сравнително от скоро се използва като метод за 3D разпознаване, въпреки че отдавна се използва в картографията и топологията. В последните години успешно се прилага и други направления като реставриране на архитектурно-исторически паметници, строителство, автомобилостроене, корабостроене и ремонт, биотехнологиите. Разработват се системи и за архитектурно информационно моделиране на сгради (BIM); създаване на модели по частите ОВ, Електро и ВиК (MEP); проучвания на оградящи конструкции на сгради по проекти за модернизация, реконструкция и обновяване, както и контрол на качеството на машиностроителните изделия. Проблемите, които трябва да се решават при този метод са свързани основно с качеството на снимките като: висока резолюция, точност и рязкост на контурите, достатъчна осветеност, добър фокус, необходим ъгъл на застъпване и др.

## **2.2. Обработка на входната цифрова информация**

В голямата си част оборудването, чрез което се получава входната информация разполага със собствен софтуер, който чрез математически изчисления, прилагайки принципите на фотограметрията. Например немската фирма „GOM mbH“ [7] разработва разнообразно оборудване за ре-инженеринг – 3D координатно-измерващи оптични системи и 3D скенери, един от които е сканиращата система „ATOS Professional“, който работи с GOM software. Същата фирма разработва безконтактната ARAMIS Metrology Systems с вграден софтуер за проследяване на опънови/натискови натоварвания.

В [6] е направено сравнение между софтуери, разработвани от различни фирми, които не са предназначени за определено оборудване. Сравнението е направено по вида използвана операционна система, лиценз, възможност за автоматично обработване на информацията, вид на входната информация, година на пускане на пазара, производител, ориентировъчна цена/свободен софтуер.

Като краен резултат на този етап се получава преобразуване на информацията в набор ориентирани в пространството 3D точки, т.нар. „облак“ точки, а някои създават и мрежови модели (mesh models) на обекта. Всички софтуери използват формати за експортиране, които са съвместими с най-широко използваните CAD програми или създават STL файлове, предназначени директно за 3D принтиране.

В [1] е проведен експеримент за използване на свободен софтуер за обработване на данни, използвани за точно измерване на детайли чрез

фотограмметрия. Като резултат беше получен мрежови модел на изследвания детайл.

### 2.3. Създаване на CAD модел

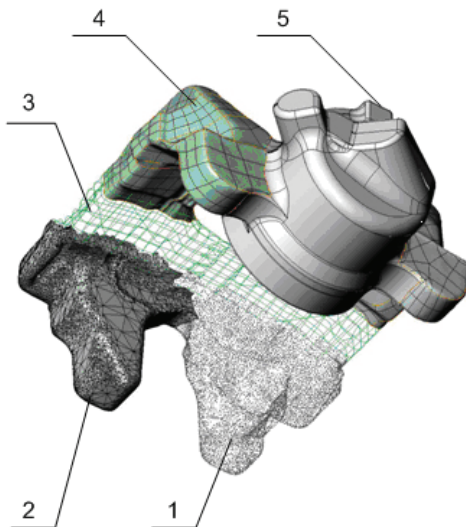
Най-често в машиностроенето се работи с повърхнинни (Surface) или твърдотелни (Solid) модели. Твърдотелните модели дават възможност проектирания обект да получи физически характеристики като материал, плътност, което ще даде възможност за якостни симулации и бърза промяна на конфигурацията при необходимост.

Най-широко използваните CAD програми – Catia [11], Autocad [5], Inventor [5], SolidWorks [10], Rhino [9] и други имат възможност да отварят и обработват файлове с „облаци“ точки. В зависимост от сложността на формата на обекта софтуерите дават възможност да се опише мрежов модел, повърхнинен модел или да се опише с NURBS криви, след което да се трансформира в твърдотелен модел. Обикновено полученият модел е пропорционален на оригиналния обект. Необходимо е да се определи мащабния коефициент за получаване на действителните размери на дигиталния модел.

На този етап е възможно да се извърши анализ на конструкцията на детайла и при необходимост да се извърши промяна на формата и размерите с оглед постигане на по-оптимална конструкция – олекотяване, опростяване, повишаване на обтекаемостта, промяна на материала за повишаване на якостните параметри и др.

Полученият CAD модел може да се трансформира в CAM програма за изработване на детайла с CNC машини (метод за обработване чрез снемане на стружка) или 3D принтиране (адитивен метод - за получаване на детайли чрез добавяне на материал).

На фиг.2 са показани нагледно етапите при ре-инженеринга на примерен детайл.



Фиг.2. Етапи на ре-инженеринга:

1 – етап „облак от точки“; 2 - мрежов модел (mesh model); 3 – NURBS повърхнини; 4 – повърхнинен модел (Surface model); 5 – плътен модел (Solid model)

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

- Ре-инженеринга е начин за организация на проектирането и производството с цел скъсяване цикъла на подготовка за представяне на обекта на пазара, което води до намаляване на себестойността и увеличаване на печалбите на фирмите;
- Най-важен от гледна точка на точността на проекта е първият етап, при който се снима геометричната информация от физическия обект и се записва в дигитален формат;
- Съществуват множество програми, чрез които може да се обработи дигиталната информация за получаване на „облак“ от ориентирани в пространството точки от обекта. Необходимо е да се прецени коя ще е най-подходяща за конкретния проект;
- Получената информация може да се представи като мрежови, повърхностен или твърдотелен модел или описан чрез NURBS криви, след което при необходимост могат да се въведат промени и корекции във формата, размерите, материала или други характеристики на обекта.

### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Георгиев Георги, Нели Георгиева, Факултет Изследване възможностите за използване на свободен софтуер за обработване на данни, използвани за точно измерване на детайли чрез фотограмметрия. Международна научна конференция "Техника, технологии, образование" ICTTE 2014, Ямбол, България, 30-31.10.2014.

[2] Hartley J. Simultaneous Engineering – the management guide. Industrial Newsletter Inc., Dunstable, UK. 1990. ISBN 1 873381 00 X.

[3] Raja Vinesh, Kiran J. Fernandes, Reverse Engineering - An Industrial Perspective, ISBN-13: 9781846288555, Springer Series in Advanced Manufacturing e-ISBN 978-1-84628-856-2, 2008, pp.253

[4] Wang Wego Reverse engineering – technology of reinvention, Taylor & Francis Group, International Standard Book Number-13: 978-1-4398-0631-9, 2011, pp.342

[5] [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)

[6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_photogrammetry\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_photogrammetry_software)

[7] [www.gom.com](http://www.gom.com)

[8] <http://www.rentgen.free.bg/types.html>

[9] <https://www.rhino3d.com>

[10] [www.solidworks.com](http://www.solidworks.com)

[11] [www.3ds.com/](http://www.3ds.com/)

### **За контакти:**

Ас.инж.Георги Георгиев, Катедра „Машинно инженерство“, Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол, Тракийски университет – Стара Загора, тел.:0887185869, e-mail: [georgi.georgiev@trakia-uni.bg](mailto:georgi.georgiev@trakia-uni.bg)

**Докладът е рецензиран.**