

# EXTENDED STRUCTURAL SCHEME AS ABSTRACTION OF CAD ASSEMBLY MODEL

Assoc.Prof. Goranov P., Assoc. Prof. Todorova E., Prof. Ass. Georgieva D.  
Faculty of Mechanical Engineering - Technical University of Sofia, Bulgaria

pvgor@tu-sofia.bg, etodorova@tu-sofia.bg, desyst@abv.bg

**Abstract:** *Extended structural scheme is developed on stage of conceptual design. The structural scheme may be supplemented with information that specifies the important decisions that secure the expected functionality of the product. There is correspondence between the information contained in the expanded structural schemes and CAD models. The structural scheme does not include geometric information, and therefore can be regarded as a higher level of abstraction of the assembly relative to its CAD model. An expanded structural scheme can easily be integrated with a CAD model of the product. In this way more realistic CAD models that contain the actual geometric relationships between the components would be created. On the other hand, the decisions taken at the conceptual design stage are automatically transferred to the CAD model, which reduces the treadmill work associated with its creation.*

**KEYWORDS:** EXTENDED STRUCTURAL SCHEME, ASSEMBLY MODEL, CAD SYSTEM, CONCEPTUAL DESIGN

## 1. Увод

При конструиране на техническо изделие най-общо се решават две основни задачи:

- реконструиране на съществуващо изделие с оглед удовлетворяване на променени изисквания;
- създаване на ново изделие.

CAD системите предлагат средства за лесна и бърза промяна на геометричния модел на изделието, както и създаване на множество конфигурации. С тези си характеристики те осигуряват високо ниво на поддръжка на конструктора при решаване на задачи от първата група.

По отношение на задачите от втората група, CAD системите може да се използват на по-късните етапи от процеса на конструиране, по време на които се създава окончателната геометрия на изделието. Основна пречка CAD системите да се използват по време на концептуалното конструиране е, че те не поддържат в достатъчна степен работа с абстрактни обекти (обекти без дефинирана актуална геометрия). Това е причина резултатите от етапа на концептуално конструиране да не се интегрират напълно с CAD модела, което затруднява автоматизацията на цялостния процес на конструиране и съответно увеличава обема на техническата работа, която трябва да се извърши от конструктора.

За да се реши разгледаният проблем е необходимо да се създаде концептуален модел на сглобена единица, който да съответства по структура на CAD модела на сглобена единица и така да позволява лесно интегриране с геометричния модел.

## 2. Литературен обзор

Известни са много научни изследвания, в които се предлагат различни представяния на механично изделие, предназначени за решаване на конкретни задачи. Съгласно [1] традиционно информацията за сглобена единица се представя посредством ориентирани или неориентирани графи, които представят компонентите на сглобената единица и техните връзки. Това е компактно представяне на сглобената единица, но информацията не е достатъчна за целите на изследването (генериране на последователност на сглобяване). Поради това се разглежда модел на сглобена единица, който има следните компоненти:

- структурата на сглобената единица се представя посредством булева матрица;
- връзките между компонентите се представят посредством матрица на инцидентност, която показва участието на компонента в геометрична връзка;

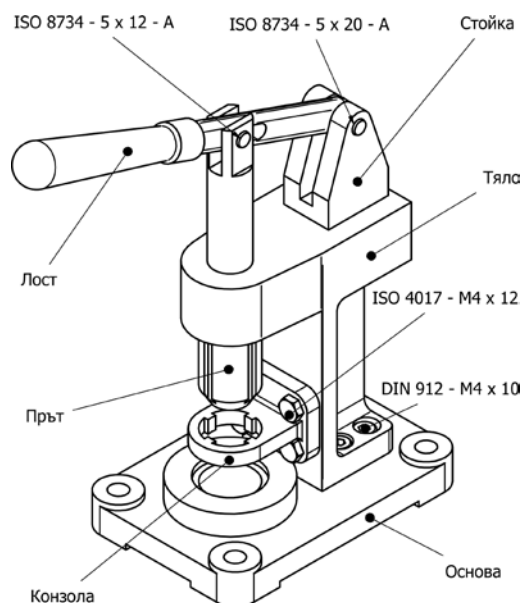
- компонентите се представят посредством уникален идентификатор и булева матрица, която описва геометричните връзки с останалите компоненти;

- матрица на ограниченията, която определя дали компонента е ограничен в определено направление;

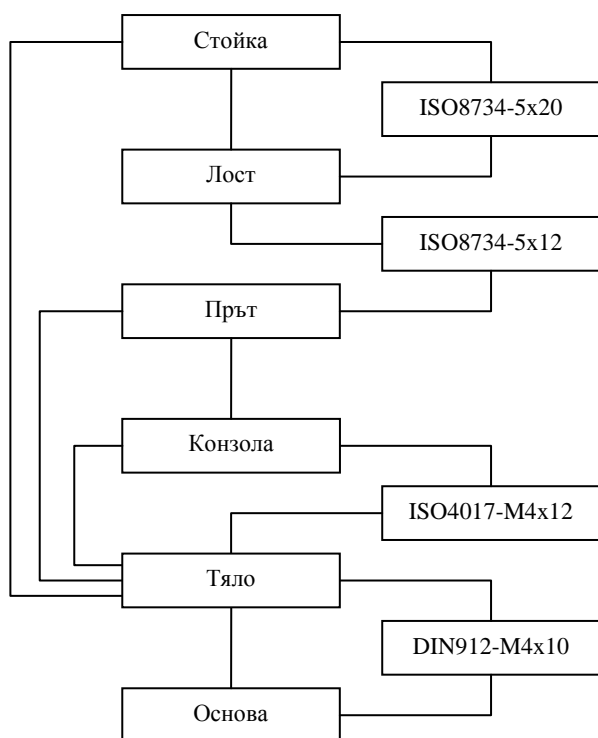
- матрица на интерференциите, която показва какви степени на свобода има определен компонент;

- връзка – не само геометричната връзка, но и операциите, необходими за сглобяване на компонента.

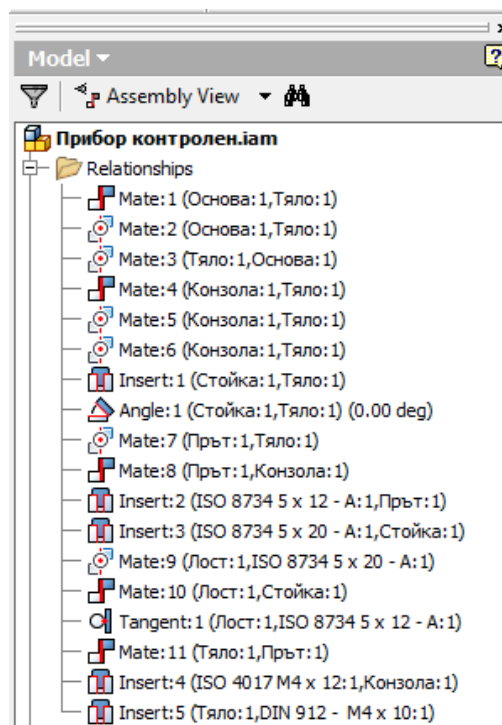
Предложеният модел съдържа завършена информация за сглобената единица. Като предимство може да се разглежда възможността да се преобразува и анализира посредством матрични операции. Като недостатък може да се посочи дефинирането само на едно ниво на абстракция. Липсва инженерна информация, което ограничава използването на този модел на по-абстрактните етапи от процеса на конструиране като например концептуалното конструиране. Също така не е налична информация за физическите повърхнини, което не позволява моделът да се конкретизира до



фиг.1 Примерна сглобена единица „Прибор контролен“



фиг.2 Разширена структурна схема на сглобената единица от фиг.1.



фиг.3 Наложени геометрични ограничения в CAD модел на „Прибор контролен“, създаден с Autodesk Inventor.

ниво, на което е възможно генериране на CAD модел.

В [2] се разглеждат проблемите, които възпрепятстват по-тясното интегриране на дейностите, свързани с разработване на ново изделие – от концептуалното конструиране до подготовката на неговото производство. Разглеждат се различни модели и се очертават техните несвършенства от гледна точка интегриране на данните за изделието. Формулирани са и изискванията към системите за управление на данните по време на процеса на конструиране – PDM системите.

Предложен е модел на връзките в изделието. Направена е класификация на механичните връзки в сглобена единица и са дефинирани правила за тяхното създаване. Моделът поддържа различни нива на абстракция и позволява повторно използване на въведени дефиниции на различни етапи от жизнения цикъл.

Предложеният модел включва основно информация за връзките между компонентите в сглобената единица и е насочен предимно към представяне на последователността на сглобяване. От гледна точка на геометричното конструиране моделът на изделието трябва да включва и различни нива на представяне на геометрията.

В [3] се разглеждат проблемите, свързани със съвместното проектиране в рамките на мащабен конструкторски проект. Вниманието се насочва основно към осигуряване състоятелността на геометричното описание след извършване на несъгласувани промени от различни участници в процеса на конструиране. Предлага се модел, който позволява да се следи за извършени промени и съответно да се възстанови съгласуваността на цялостния геометричен модел.

Предложеният модел разглежда геометричното описание на ниско ниво и е предназначен основно за управление на разпространението на промените. От гледна точка цялостния процес на конструиране, този модел може да бъде част от по-обхватен модел, който включва всички нива на абстракция на конструираното изделие.

В [4] се предлага геометричен модел, който обхваща концептуалния етап от процеса на конструиране. Основната идея е създаване на скелета на сглобената единица въз основа на създадената по време на концептуалното конструиране последователност на сглобяване. Скелетът се състои от абстрактни геометрични елементи и наложени геометрични ограничения за позициониране.

Предложеният в [5] подход е аналогичен на [4], като вместо математически геометрични ограничения в абстрактния геометричен модел компонентите на сглобената единица се позиционират посредством дефиниране на техните схеми на базиране. По този начин геометричният модел съдържа инженерна информация, която позволява да се прави анализ на позиционирането на детайлите от функционална гледна точка.

Предложеният модел позволява описание на геометрията на механично изделие на всички етапи от процеса на конструиране – от абстрактно описание на етапа на концептуално конструиране до окончателното геометрично описание, представено посредством CAD модел. Поради това този модел е приет при по-нататъшните разсъждения.

### 3. Разширената структурна схема в сравнение с CAD модел на сглобена единица

#### 3.1. Разширена структурна схема

По принцип структурната схема съдържа само основните функционални части на изделието, тяхното предназначение и взаимна връзка. С оглед на решаване на задачи, свързани с геометричното конструиране, в [5] се въвежда понятието „разширена структурна схема“, която съдържа всички компоненти на изделието. Така дефинирана, разширената структурна схема представлява конкретизация на Списъка на съставните части на изделието посредством добавяне на механичните връзки между неговите компоненти.

На фиг.2 е показана разширената структурна схема на примерната сглобена единица „Прибор контролен“ – фиг.1. В схемата участват всички компоненти на изделието. Физическият контакт (допирането на повърхнини) между два детайла се разглежда като механична връзка.

#### 3.2. CAD модел на сглобена единица

При съвременните CAD системи геометричната форма на детайлите се дефинира в техните геометрични модели. Като резултат CAD моделът на сглобена единица не съдържа актуално геометрично описание, а само препратка към моделите на детайлите. В този случай основна задача при създаване модела на сглобена единица е дефиниране на взаимното разположение на нейните компоненти.

Дефинирането на взаимното разположение на компонентите в рамките на CAD модел на сглобена единица

може да се извърши по два начина:

- фиксиране на детайлите;
- поставяне на геометрични ограничения за ориентация.

И двата начина намират приложение, като изборът зависи от конкретната задача. Когато детайлите се позиционират посредством фиксиране, не се създават геометрични връзки между тях. В този случай CAD моделът на сглобена единица може да се разглежда като вид Списък на съставните части.

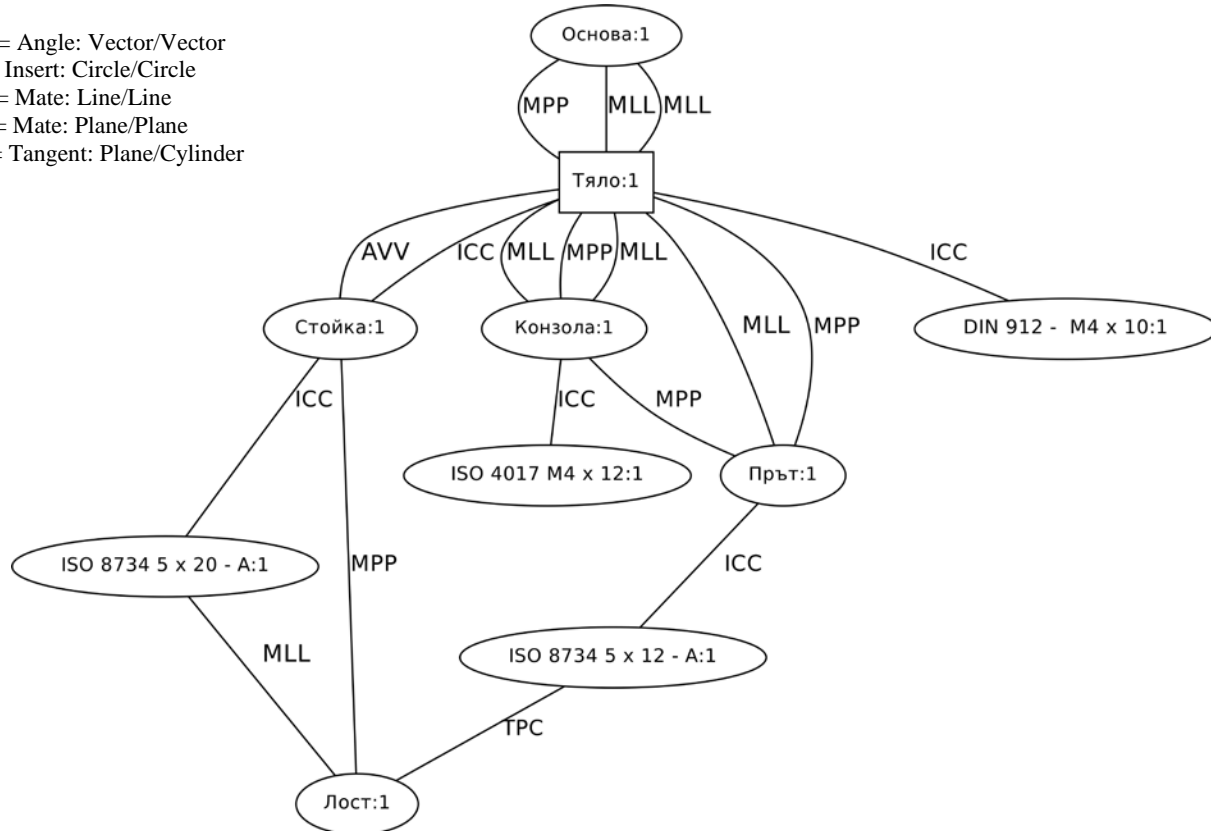
На фиг.3 е показан списък на наложените геометрични ограничения в CAD модел, в който детайлите са позиционирани посредством налагане на геометрични ограничения за ориентация. Ограниченията налагат условия върху взаимното разположение на повърхнини, принадлежащи на два детайла, което може да се разглежда като създаване на механична връзка между тези детайли. По този начин се дефинира структура на модела.

Проследяването на така зададените връзки позволява да се построи графично структурата на CAD модела. На фиг.4 е показана структурата на разглеждания CAD модел под формата на граф, автоматично генерирана въз основа на наложените геометрични ограничения (фиг.3). Визуализацията е направена с помощта на пакета Graphviz [6]. Съгласно фигурата Тялото е фиксирано, а всички останали компоненти са ориентирани спрямо него.

#### 3.3. Сравнение между структурата на CAD модел и разширената структурна схема

Сравнението на разширената структурна схема (фиг.2) с графичното представяне на структурата на CAD модела (фиг.4)

AVV = Angle: Vector/Vector  
 ICC = Insert: Circle/Circle  
 MLL = Mate: Line/Line  
 MPP = Mate: Plane/Plane  
 TPC = Tangent: Plane/Cylinder



фиг.4 Структура на CAD модела, автоматично генерирана въз основа на наложените геометрични ограничения за позициониране, показани на фиг.3.

показва тяхното съответствие. В структурната схема е показано наличието на връзка (механично взаимодействие) между компонентите на изделието. В CAD модела това взаимодействие е конкретизирано като налагане на геометрични ограничения. Всяко от геометричните ограничения отнема една или няколко степени на свобода. В крайна сметка наложените геометрични ограничения трябва да отнемат всички степени на свобода или да осигурят предвиденото движение (в зависимост от задачите, които се решават със създадения CAD модел).

#### 4. Резултати от изследването

##### 4.1. Разширената структурна схема като концептуално описание на сглобена единица

Разширената структурна схема съдържа само наименованията на компонентите на сглобената единица. Тя се създава по време на концептуалното конструиране, когато все още не е създадено актуалното геометрично описание. От друга страна структурната схема съдържа връзките между компонентите. Тези връзки може да се разглеждат в различни аспекти и позволяват да се направи оценка дали ще бъде постигната очакваната функционалност на изделието.

Структурната схема дава абстрактна престава за завършеното изделие. Това предоставя възможности да се конкретизират отделни аспекти от конструкцията посредством т.н. концептуални скици. Така създадената документация служи като основа за геометричното оформяне на компонентите по време на следващите етапи от процеса на конструиране.

##### 4.2. Несъвършенства на CAD модел на сглобена единица

Както беше посочено по-горе, съществува съответствие между структурата на CAD модел на сглобена единица и нейната разширена структурна схема. Трябва да се посочи, че това съответствие зависи до голяма степен от наложените геометрични ограничения. При създаване на CAD модел не е необходимо да се задават геометрични връзки, които съответстват на действителните механични връзки между компонентите. В редица случаи с оглед съкращаване на техническата работа или когато последователността на създаване на модела не съответства на последователността на сглобяване на изделието се налагат ограничения, които не съответстват на реалните механични връзки.

CAD модел, който не съдържа реалните механични връзки между компонентите, може да създаде затруднения при провеждане на инженерни анализи или последващи модификации.

##### 4.3. Интегриране на разширената структурна схема и CAD модела

Структурната схема може да се разглежда като основен документ, който служи за разработване концепцията на изделието и свързаните с това важни решения, които осигуряват зададената функционалност. Понеже разширената структурна схема съдържа всички компоненти и връзките между тях, тя може да се натовари с допълнителна информация и по този начин да се превърне в описание, съдържащо резултатите от етапа на концептуално конструиране.

Съответствието между информацията, която се съдържа в структурната схема и CAD модела позволява тяхното лесно интегриране. Разширената структурна схема представлява по-високо ниво на абстракция на сглобената единица от нейния CAD модел. При нейното конкретизиране всички решения, взети на етапа на концептуалното конструиране, автоматично

се пренасят в CAD модела. Резултатът е намаляване на техническата работа, свързана със разработването на CAD модела, създаване на по-реалистичен модел и намаляване на възможностите за грешки.

#### 5. Заключение

Разширената структурна схема се разработва на етап концептуално конструиране. Структурната схема може да се допълни с информация, която конкретизира важни решения, които осигуряват очакваната функционалност на изделието.

Има съответствие между информацията, която се съдържа в разширената структурна схема и CAD модела. Структурната схема не съдържа геометрична информация, поради което може да се разглежда като по-високо ниво на абстракция на сглобената единица в сравнение с нейния CAD модел.

Разширената структурна схема може лесно да се интегрира с CAD модела на изделието. По този начин се създава реалистичен CAD модел, който съдържа действителните геометрични връзки между компонентите. От друга страна решенията, взети на етап концептуално конструиране автоматично се пренасят в CAD модела, с което се намалява техническата работа, свързана с неговото създаване.

#### 6. Литература

1. Xiaoming Z., Du Pingan, A model-based approach to assembly sequence planning - The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39, 2008, 983-994.
2. Demoly F., A. Matsokis, D. Kiritsis, A mereotopological product relationship description approach for assembly oriented design - Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 28, 2012, 681-693.
3. Louhichi B., L. Rivest, Maintaining consistency between CAD elements in collaborative design using association management and propagation, Computers in Industry, 65, 2014, 124-135.
4. Demoly F., L. Toussaint, B. Eynard, D. Kiritsis, S. Gomes, Geometric skeleton computation enabling concurrent product engineering and assembly sequence planning, Computer-Aided Design, 43, 2011, 1654-1673.
5. Горанов П., Е. Тодорова, А. Стоев, Практическа реализация на модела на структурата на механично изделие със схеми на базиране, Научни известия на Научно-техническия съюз по машиностроене, 93, 2006, 278-283.
6. <http://www.graphviz.org/>, Graphviz | Graphviz - Graph Visualization Software