

Иновативен конструкторски подход, отчитащ особеностите на изделията при монтаж

Антоанета Добрева

Innovative Design Approach Concerning Design for Assembly: *The objective of the paper is to present an innovative approach including Design for Assembly. The advantages of this approach are described in details. The presented innovation is applied in the framework of a contract with the industry. Base upon the innovative design approach, the methodology for analysis and evaluation of design solution is elaborated including new elements and criteria. Therefore, the application of the innovative design approach and the presented precise methodology make the option of excluding important and qualitative design solutions impossible.*

Key words: *Innovative design approach, Design for Assembly, Industry applications, Precise methodology for analysis and evaluation of design solution.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Изработването на концепция, отчитаща особеностите на изделията при монтаж, е важен етап от процеса на конструиране, при който на базата на уточняване на основните проблеми чрез абстракция, определяне на функционалната структура, систематизиране на подходящи принципни решения и тяхното комбиниране, се разработват концептуални решения.

Целта на предложената разработка е да се представи иновативен конструкторски подход, който отчита правилата за лесен и целесъобразен монтаж и допълва известни методики за многовариантно конструиране, за анализ и оценка на концептуални конструкторски решения.

ОСОБЕНОСТИ НА ИНОВАТИВНИЯ КОНСТРУКТОРСКИ ПОДХОД

Иновативният конструкторски подход се базира на основните правила от теорията за „Design for Assembly”, изложени в [1, 2, 5], като ги доразвива и прецизира.

Този конструкторски подход, отчитащ особеностите на монтажа, включва анализ на структурата на изделието, като се приемат базовите принципи за простота и яснота на конструкцията.

Тези базови принципи са дефинирани най-точно в [1, 2, 3, 5]:

1. Изискване за простота на конструкцията: включване на минимален брой детайли;

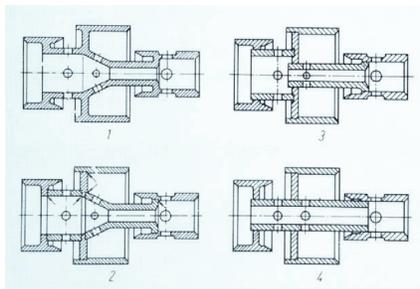
2. Изискване за яснота на конструкцията: процесите на производство и монтаж да са еднозначно изпълними.

Приложението на тези базови принципи е илюстрирано най-точно на фиг. 1, [3].

Иновативният конструкторски подход, отчитащ особеностите на монтажа, предлага следното прецизиране на изброените базови принципи:

1. Препоръчва се анализът на конструкторското решение да включва диференциращи процедури, които имат за цел:

- да нарасне адаптивността на конструкцията към функционалните изисквания;
- да се увеличи възможността за закупуване на стандартизирани елементи или на компоненти, представляващи част от номенклатурата на машиностроителни фирми.



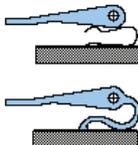
Фиг. 1. Опростяване на конструкцията на плъзгащ контролен клапан, [3]:
 1. Отливката е трудна и скъпа; 2. Подобряване на конструкцията чрез диференциращи процедури; 3. Опростяване на дизайна на централната част; 4. По-нататъшно опростяване на конструкцията

2. Препоръчва се анализът на конструкторското решение да включва интеграционни процедури, които имат за цел:

- обединяване на елементите и постигане на по-малък брой компоненти и сглобени единици;
- конструиране на детайли с по-големи размери, с които е възможно да се оперира по-лесно по време на монтажните процеси.

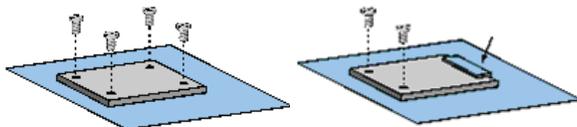
Интеграционните процедури за обединяване на няколко елемента в един компонент изискват добро познаване от страна на конструктора на уникалните характеристики на материала, като например:

- вграждане на еластични елементи в конструктивното оформление на детайл със сложна съставна функция;



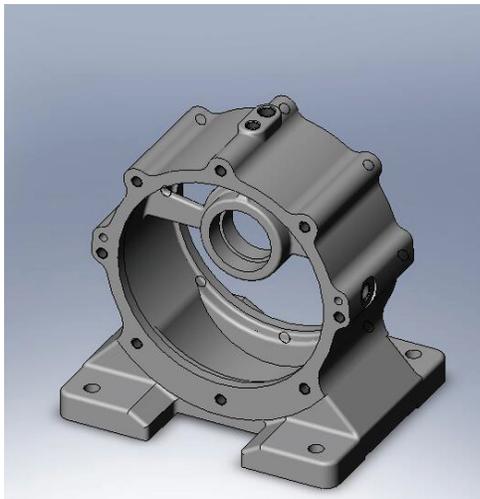
Фиг. 2. Вграждане на еластични елементи в конструктивното оформление на детайл със сложна съставна функция, [5]

- избор на материал и на технологичен процес за изработка на детайла, които позволяват да се увеличи точността на монтажа.



Фиг. 3. Избор на материал и технологичен процес за изработка на детайли с отчитане на особеностите и точността на монтажа, [5]

Представеният иновативен конструкторски подход е приложен и апробиран при разработването на серия редуктори по Договор №1/01.06.2010г. при НИС на РУ с ръководител доц. В. Добрев. Особено внимание е отделено на оформянето на корпуса на редукторите, фиг.4. При оформяне на конструктивната форма на корпуса е отчетено изискването за достигане на минимален брой детайли в изделието.



Фиг. 4. Конструктивно оформление на корпус на редуктор

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ИНОВАТИВНИЯ КОНСТРУКТОРСКИ ПОДХОД

Иновативният конструкторски подход е използван за допълване и прецизиране на методиките за многовариантно конструиране, за анализ и оценка на концептуални конструкторски решения.

Както е известно, процедурата по оценка и сравнителен анализ на различни конструкторски решения за даден проблем включва следните няколко основни етапа:

- Дефиниране на целите и на критериите за оценка на конструкторски решения;

Според [3] този етап включва съставянето на целева йерархическа структура, която се определя от сложността на конструкторската задача. В [4] се препоръчва съставянето на списък от изисквания за конструкторското изделие, като параметрите са подредени според техния задължителен или препоръчителен характер. Изискванията включват критерии и параметри, изясняващи геометрията, кинематиката, натоварването, използването на материали, безопасността, ергономията и т.н.

- Изследване на критериите за оценка с отчитане на значимостта им за общата стойност на всяко решение;

Този етап включва според [3] въвеждането на коефициенти на тежест към целевите критерии за оценка в съответствие с изградената структура на изделието. В [4] се препоръчва въвеждането на коефициенти на тежест, само в случаите, когато критериите за оценка имат големи различия в степента на значимост.

- Съставяне на матрица, която съдържа целеви параметри на различни варианти от решения;

Такава матрица се предвижда само в методиката, представена в [3].

- Оценяване на параметрите: според [3] по скала от 1 до 10 точки, а според [4] по скала от 1 до 4 точки;

- Определяне на общата стойност на конкретно конструкторско решение, като в най-общия случай оценката се извършва спрямо примерно идеално решение;

Съставя се матрица по параметрите: приложение – стойност, като се отчитат коефициентите на значимост и се определя общата стойност на всяко решение [3]. В [4] този етап включва класация на решенията и техническа оценка – при необходимост.

- Сравняване на вариантите от конструкторски решения;

- Анализ на недостатъците на предложените варианти, целящ подобряване на им. Етапът е задължителен в методиките, представени подробно в [3] и [4].

Сравнителният анализ на процедурите по оценка и класация на различни конструкторски решения за даден проблем показва значително сходство при двата подхода. Подходът, предложен в [3], описва по задълбочено и подробно определянето на съотношението „приложение – стойност“.

Може да се направи изводът, че при изграждането на вариантите от концептуални решения критериите за оценка са сравнително малко. Затова е целесъобразно методиката за анализ и оценка на концептуални конструкторски решения процедурата по оценка, анализ и сравняване на различни варианти от решения да се прецизира и да протече в следната последователност:

1. Определяне на целите и критериите за оценка на конструкторски решения

Предлага се на този етап общовалидните критерии за оценка да бъдат седем: А, В, С, D, Е, F, G вместо предложените в [3] шест критерия за оценка. Въведеният нов допълнителен критерий за оценка G предвижда анализ на конструкторското решение от гледна точка на особеностите на технологичната изработка на детайлите на изделието и ефективността на избраните технологични процеси.

Критерият А е изменен спрямо подхода, описан в [3], от «съвместимост на принципите на решение с общата задача и/или помежду им» в «изпълняване на основната функция на изделието».

В Табл. 1 са посочени общовалидните критерии и са представени начините за тяхната оценка. Разработени са варианти за задвижваща механична система с голямо предавателно отношение.

Табл. 1. Списък от възможни конструктивни решения на задвижваща система с голямо предавателно отношение

Конструктивен вариант	A	B	C	D	E	F	G	Коментар	Решение
Планетен ЗК	+	+	+	+	+	+	+		+
Червячен двустъпален	+	+	+	+	+	+	+		+
Цилиндричен многостъпален	+	+	?	+	+	+	+		+
Двойновинтова предавка	?	+	?	?	?	-	-	Това конструктивно решение отпада	-
Планетно-вълнов	+	-	+	-	+	+	-		+

Значението на общовалидните критерии А, В, С, D, Е, F, G, изброени в Табл. 1, е следното:

А - изпълняване на основната функция на изделието;

В – Удовлетворяване на условията от списъка на изискванията;

С – Изпълнимост по отношение на габарити и подходяща структура;

D – Изпълнимост в рамките на допустимите разходи;

Е – Включване на мерки за безопасност и благоприятни ергономически

изисквания;

F – Улеснена изпълнимост поради известно know-how, материали и благоприятни патентни условия;

G – Изпълнимост на конструкторското решение от гледна точка на особеностите на технологичната изработка на детайлите на изделието и ефективността на избраните технологични процеси.

Значението на селективните критерии, посочени в Табл.1, се описва по следния начин:

(+) – Да;

(-) – Не;

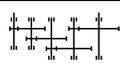
(?) – Недостиг на информация;

2. Изследване на критериите за оценка и дефиниране на критерии с относително еднаква степен на значимост.

3. Оценяване на параметрите по скалата от 0 до 4, [4]. Тази скала е подходяща за оценка на концептуални решения в сравнение с десетобалната скала поради недостатъчния обем от информация на този етап от конструкторския процес.

4. Съставяне на матрица от възможни варианти, базирани на различни принципни решения, и определяне на общата стойност на всяко конкретно конструкторско решение, Табл.2.

Табл. 2. Техническа оценка за останалите след третия етап от селекцията концептуални конструкторски решения

Критерий				
1 Голямо предавателно отношение	4	4	4	4
2 Простота на конструкцията	2	3	4	2
3 Самозадържане	2	4	1	2
4 Ниско ниво на шума	3	4	3	3
5 Коефициент на полезно действие	2	2	4	2
6 Компактност на конструкцията	4	3	2	4
7 Ниски разходи	2	3	2	2
Обща стойност на решението	19/28	23/28	20/28	19/28

5. Сравняване на вариантите от конструкторски решения.

От направеното сравнение в Табл. 2 става ясно, че най-подходящият вариант за поставената конструкторска задача е: двустъпален червячен редуктор.

6. Ако при сравняване на вариантите се окаже, че два или повече варианта са относително равностойни, тогава се въвеждат допълнителни коефициенти на значимост в зависимост от важността на различните критерии за оценка.

7. Анализ на недостатъците на предложените варианти, целящ подобряването им.

8. Окончателен избор на конструктивен вариант

9. Анализ на конструкторското решение от гледна точка на особеностите и ефективността на монтажа и усъвършенстване на избраното конструкторско решение с цел намаляване на разходите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направения анализ на иновативния конструкторски подход и на характеристиката на представената прецизирана методика за анализ и селекция на конструктивни решения могат да бъдат направени следните изводи:

1. Методиката съдържа нови и видоизменени общовалидни критерии за оценка, описани подробно в първия етап от процедурата по анализ и оценка на конструкторски решения.

2. Въвеждането на допълнителни коефициенти на значимост само при относително равностойни варианти е предимство, тъй като процедурата при прилагането им е сложна и е особено важна само в случаите при голям брой от възможни конструкторски решения. При наличието на 4 или 5 възможни решения, въвеждането на допълнителни коефициенти на значимост често е безмислена процедура.

3. Приложението на представения иновативен конструкторски подход обогатява и прецизира методиката за многовариантно конструиране, за анализ и оценка на концептуални конструкторски решения.

4. Представената уточнена методика е добре прецизирана, изключва възможността за пропускане на важни и качествени конструкторски решения.

Разглежданата методика, включваща иновативен конструкторски подход, отчита особеностите на монтажа, неговата ефективност и усъвършенстване на избраното конструкторско решение с цел намаляване на разходите, има универсален характер и може да бъде прилагана и в машинното инженерство, и в общото инженерство.

Тя е от голямо практическо значение както за учебния процес по курсово и интегрирано проектиране в системата на висшето образование, така и за инженерната практика.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Boothroyd, G.,P. Dewhurst. Product Design for Assembly. Department of Manufacturing Engineering, University of Rhode Island, Kingston, 1989.

[2] Dobreva, A., Design for Assembly. Lectures for Mechanical engineering, Linneaus University, <http://lnu.se>

[3] Pahl, G., W. Beitz. Konstruktionslehre. Springer Verlag, Berlin, 1993. 751 s.

[4] VDI – Richtlinie 2225. Technisch-wirtschaftliches Konstruieren. Duesseldorf:VDI-verlag, 1977.

[5] www.engineer.gvsu.edu

За контакти:

Доц. д-р инж. Антоанета Иванова Дobreva, Катедра “Машинознание, машинни елементи и инженерна графика”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 437, 00359 887 746 311; e-mail: adobreva@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.