

ISSN 1311-3321

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „Ангел Кънчев“
UNIVERSITY OF RUSE „Angel Kanchev“

Факултет „Машинно-технологичен“
Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering

СБОРНИК ДОКЛАДИ

на

СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’11

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’11

PROCEEDINGS

of

the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’11

Русе
Ruse
2011

Изследване на конструктивни детайли по метода на крайните елементи в системата COSMOSWorks

маг. инж. Николай Станков, д-р инж. Александър Иванов

Резюме: Разгледано е моделирането на конструктивни детайли и натоварване им в системата COSMOSWorks. Определени са големината и разпределението на отделните компоненти на напреженията за приетата координатна система, главните напрежения и еквивалентните напрежение на Фон Мизес за пластични материали.

Ключови думи: Метод на крайните елементи, моделиране, напрежения.

Abstract: In this paper the 3D modeling of a constructive parts and their loading in the COSMOSWorks system are examined. The size and distribution of the individual components of the stresses according to adopted coordinate system, the principal stresses and the equivalent Von Mises stresses for plastic materials are defined.

Key words: Finite elements method, modeling, stresses.

ВЪВЕДЕНИЕ

Методът на крайните елементи се използва като универсално средство за пресмятаня и анализ на поведението на детайли и конструкции, които са подложени на силови и топлинни натоварвания [1, 2, 5].

Основното при този метод е, че непрекъснатата еластична структура на изследвания обект се разделя на краен брой малки дискретни елементи с проста геометрична форма, свързани един с друг във възлови точки разположени по границите им. Преместванията на тези възлови точки под въздействието на натоварванията приложени в тях, са неизвестни променливи в системата от уравнения, решението на които представя поведението на цялата конструкция.

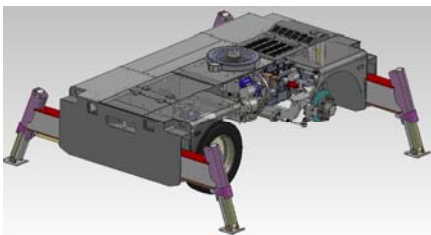
Чрез метода на крайните елементи се определят напреженията и деформациите в опасните сечения, което дава възможност да се направи якостна и деформационна проверка на дадения детайл или конструкция.

Използвайки съвременните програми, работещи по метода на крайните елементи, значително се намалява времето за анализ и оптимизация на изследваните обекти. Такава е и системата COSMOSWorks, която е интегрирана в CAD системата SolidWorks.

Чрез COSMOSWorks се решават задачи за статичен анализ, честотни задачи (за резонанс), загуба на устойчивост, температурни задачи, нелинейни задачи, удар, оптимизация и умора [6].

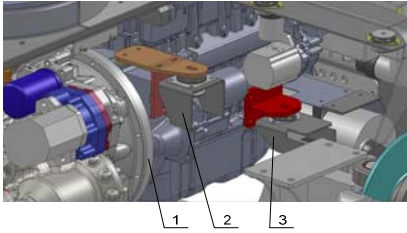
ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Обект на изследването.

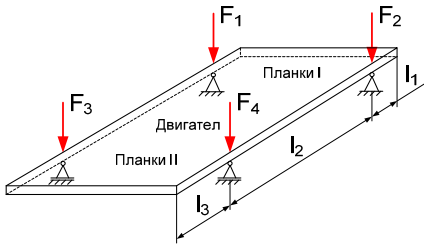


Фиг. 1. Шаси на 8,5 тонен кран – разработка на фирма „SL Industries“, гр. Русе.

Обект на изследването са два вида конструктивни планки, върху които е установен двигателят на 8,5 тонен кран. Кранът е разработка на машиностроителната фирма „SL Industries“, която се намира в град Русе [8]. На фиг. 1 е дадено шасито на крана, а на фиг. 2 е показано и разположението на изследваните планки.



Фиг. 2. Изследвани детайли.
1 – двигател, 2 – Планка II и 3 – Планка I



Фиг. 3. Схема на натоварването.

са натоварени със сила 1500 N , което се равнява на сили от по 750 N за всяка от двете планки или $F_3=F_4=750\text{ N}$.

3. Изследване по метода на крайните елементи.

За определяне на якостното поведение на конструктивните детайли, показани на фиг. 2, е направено изследване на напрегнато-деформираното им състояние по метода на крайните елементи. Чрез *COSMOSWorks* е извършен статичен анализ, като решението включва следните етапи, дадени в табл. 1 [4, 6].

Табл. 1. Етапи при изследване с *COSMOSWorks* по метода на крайните елементи.

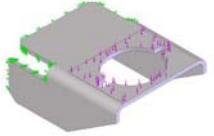
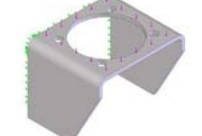
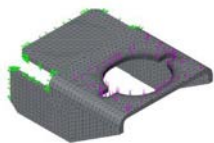
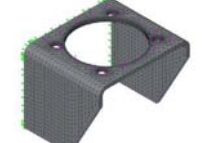
Етапи	Планка I	Планка II	Забележка
1. Създаване на тримерен модел.			Тримерните модели на детайлите са разработени с CAD системата <i>SolidWorks</i> .
2. Задаване на материал.	Стомана S355JO	Стомана S355JO	Материалът за детайлите е избран от библиотеката на <i>SolidWorks</i> .
3. Задаване на закрепването.			Закрепването е реализирано чрез ограничаване на всички степени на свобода, като съответства на местата, където планките се заваряват към шасито.

Планките са изработени от листов материал и са огнати до получаване на съответната им форма. Материалът е стомана *S355JR/JO* по *EN10025/93*, която е предназначена за заваръчни конструкции и съответства на *St4* по *БДС2592/71* [3, 7]. Стоманата е с параметри – модул на еластичност $E=200\ 000\text{ MPa}$ и коефициент на Поасон $\mu=0,29$.

2. Схема на натоварването.

Двигателят на $8,5$ тонния кран е с маса 260 kg и е установен върху тампони, които са базирани на четири планки (фиг. 2). Масата на двигателя е разпределена неравномерно върху планките, като схемата на натоварването е показана на фиг. 3.

Съгласно схемата, върху планките действат различни сили. *Планки I* са натоварени със сила 1100 N , което се равнява на сили от по 550 N за всяка от двете планки или $F_1=F_2=550\text{ N}$. *Планки II*

4. Задаване на натоварването.			Зададен е разпределен товар, съгласно схемата на натоварването, показана на фиг. 3.
5. Дискретизиране на модела.			Генерира се мрежа от крайни елементи, които имат общи възлови точки. В зоните, явяващи се концентратори на напрежения, мрежата от крайни елементи се състява.

Получените резултатите от изчисленията по метода на крайните елементи с *COSMOSWorks* са дадени в табл. 2 и табл. 3. Изчисленията са проведени за три различни дебелини на листовия материал – 3 mm, 4 mm и 5 mm, и при две различни големина на крайните елементи. Големината на крайните елементи е определена чрез сходимост на решението.

Табл. 2. Резултати от изследване на тримерен модел на Планка I.

Планка I												
Големина на крайните елементи – h=3 mm и e=0,6 mm												
δ, mm	σ _x , MPa	σ _y , MPa	τ _{xy} , MPa	P ₁ , MPa	P ₂ , MPa	P ₃ , MPa	σ _{екв} ^{IV} , MPa	u, μm	Min FOS	Брой елементи	Брой възли	
3	68,3	61,9	23,5	90,1	36,9	19,2	82,9	0,29	3,3	53325	93470	
4	41,1	42,2	16,9	60,3	22,6	15,1	50,1	0,13	5,5	67383	113797	
5	33,7	27,6	10,1	39,0	13,0	8,2	35,3	0,07	7,8	76277	127801	
Големина на крайните елементи – h=2 mm и e=0,4 mm												
δ, mm	σ _x , MPa	σ _y , MPa	τ _{xy} , MPa	P ₁ , MPa	P ₂ , MPa	P ₃ , MPa	σ _{екв} ^{IV} , MPa	u, μm	Min FOS	Брой елементи	Брой възли	
3	91,6	92,2	34,0	126,5	44,1	28,6	99,6	0,29	2,8	137964	231539	
4	55,4	52,4	17,3	82,2	26,1	20,0	60,9	0,13	4,5	164032	268602	
5	38,0	37,2	11,7	51,4	15,1	10,5	39,4	0,07	7,0	215126	340354	

Табл. 3. Резултати от изследване на тримерен модел на Планка II.

Планка II												
Големина на крайните елементи – h=3 mm и e=0,6 mm												
δ, mm	σ _x , MPa	σ _y , MPa	τ _{xy} , MPa	P ₁ , MPa	P ₂ , MPa	P ₃ , MPa	σ _{екв} ^{IV} , MPa	u, μm	Min FOS	Брой елементи	Брой възли	
3	29,3	32,5	11,6	75,9	10,0	7,8	81,3	0,27	3,4	63289	109506	
4	16,7	19,0	6,1	44,6	5,7	3,7	48,9	0,12	5,6	80689	135260	
5	12,6	11,8	3,9	30,7	4,9	4,4	34,6	0,06	7,9	91355	151169	
Големина на крайните елементи – h=2 mm и e=0,4 mm												
δ, mm	σ _x , MPa	σ _y , MPa	τ _{xy} , MPa	P ₁ , MPa	P ₂ , MPa	P ₃ , MPa	σ _{екв} ^{IV} , MPa	u, μm	Min FOS	Брой елементи	Брой възли	
3	31,4	34,1	11,0	76,0	12,2	11,4	81,5	0,27	3,4	150238	251759	
4	17,4	18,3	6,1	44,7	6,0	4,5	49,0	0,12	5,6	191240	311312	
5	13,0	11,9	3,9	30,7	5,0	4,4	34,7	0,06	7,9	240568	380524	

В таблиците са означени:

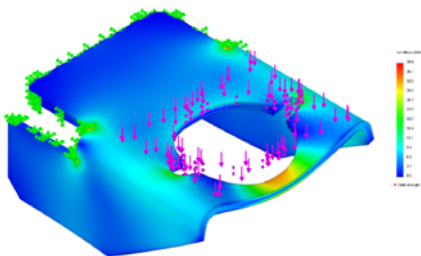
- h е големина на крайните елементи в mm;

- e – големина на крайните елементи в зоните, концентратори на напрежения, mm;

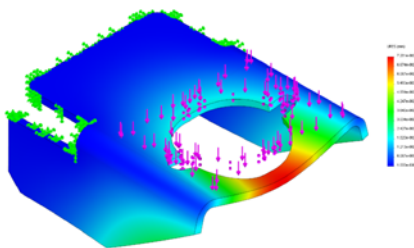
- δ – дебелина на листовия материал, от който са изработени изследваните детайли, mm ;
- $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – компоненти на напреженията за приетата координатна система, MPa ;
- P_1, P_2, P_3 – главни напрежения, MPa ;
- $\sigma_{екв}^{IV}$ – еквивалентни напрежения във възлите по IV якостна теория, MPa ;
- u – премествания в структурата на детайлите, μm ;
- $Min FOS$ – минимален коефициент на сигурност.

Изследваните планки са подложени на постоянни вибрации, ударни натоварвания и въртящи моменти създавани от двигателя. Затова от конструктивна гледна точка и съгласно получените резултати в табл. 2 и табл. 3, за еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ и преместванията u е избрано *Планка I* и *Планка II* да бъдат изработени от листов материал с дебелина 5 mm . За тази дебелина на материала, коефициентът на сигурност $Min FOS$ се получава с най-голяма стойност.

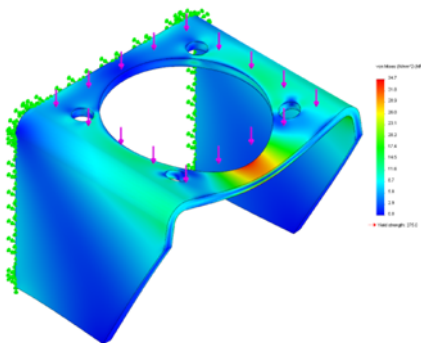
На фиг. 4, фиг. 5, фиг. 6 и фиг. 7, е показано графично разпределението на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ и преместванията u за *Планка I* и *Планка II*. Резултатите са за детайли изработени от листов материал с дебелина 5 mm и големина на крайните елементи – $h=2\text{ mm}$ и $e=0,4\text{ mm}$.



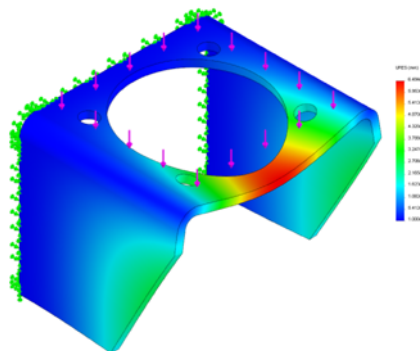
Фиг. 4. Разпределение на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ за *Планка I* при $\delta=5\text{ mm}$.



Фиг. 5. Разпределение на преместванията u за *Планка I* при $\delta=5\text{ mm}$.

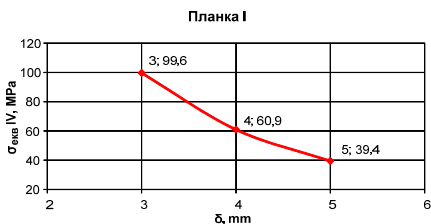


Фиг. 6. Разпределение на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ за *Планка II* при $\delta=5\text{ mm}$.

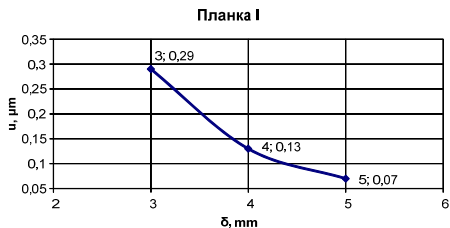


Фиг. 7. Разпределение на преместванията u за *Планка II* при $\delta=5\text{ mm}$.

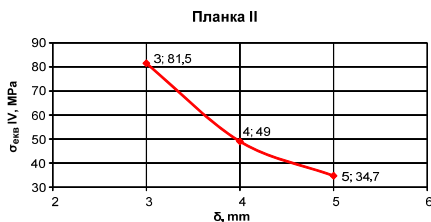
На фиг. 8, фиг. 9, фиг. 10 и фиг. 11 е показано изменението на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ и преместванията u в зависимост от дебелината на листовия материал.



Фиг. 8. Изменение на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ за Планка I, в зависимост от дебелината δ на листовия материал.



Фиг. 9. Изменение на преместванията u за Планка I, в зависимост от дебелината δ на листовия материал.



Фиг. 10. Изменение на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ за Планка II, в зависимост от дебелината δ на листовия материал.



Фиг. 11. Изменение на преместванията u за Планка II, в зависимост от дебелината δ на листовия материал.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

1. Представени са етапите на изследвания по метода на крайните елементи, при използване на системата *COSMOSWorks*.
2. Получените резултати представляват якостна и деформационна проверка на конструктивните детайли – *Планка I* и *Планка II*.
3. Увеличаването на дебелината на листовия материал δ води до намаляване на еквивалентните напрежения $\sigma_{екв}^{IV}$ и преместванията u , и до увеличаване на коефициента на сигурност *FOS*.
4. Провеждането на инженерен анализ с помощта на метода на крайните елементи е подход, който значително съкращава процедурите по оптимизирането на конструктивните, технологичните и експлоатационните характеристики на различни детайли и конструкции, по отношение на запазване на необходимите им якостни показатели.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике. Мир, Москва, 1975.

[2]. Иванов, И. Компютърно моделиране на непрекъснати среди. Русе, 2004.

[3]. Русева Сл., К. Папазян, ЕСКД . Техника. София. 1988.

[4]. Станков Н., А. Иванов, И. Драганов. Изследване на напрегнато-деформираното състояние на комбинирани инструменти за обработване на резбови отвори. Списание „Машини, технологии, материали“, година IV, брой 6, София, 2010, стр. 60-62.

[5]. Стойчев, Г. Метод на крайните елементи – якостен и деформационен анализ. София, 2000.

[6]. Хаджийски, В., Ст. Стефанов. Компютърен инженерен анализ на машинни елементи с CosmosWorks. Пловдив, 2007.

[7]. www.kremikovtzi.com/bg/production/products/flat/index.html

[8]. www.sl-industries.com.

За контакти:

маг. инж. Николай Станков, Катедра „Технология на машиностроенето и металоурежещи машини“, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082/888 714,
e-mail: nstankov@uni-ruse.bg.

гл. ас. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра „Технология на машиностроенето и металоурежещи машини“, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082/888 714,
e-mail: akivanov@uni-ruse.bg.