

**СТАТИЧКО ИСПИТИВАЊЕ И ВЕРИФИКАЦИЈА ПРИМЕНОМ МКЕ СТАЗЕ
МОДЕЛА МОСНЕ ДИЗАЛИЦЕ****STATIC TESTING AND FEA EVALUATION OF THE MODEL CRANE RUNWAY**

Дарио Јошић, Никола Иланковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – Овај рад приказује поступак инжењерске анализе датог проблема која се састоји од теоријске и експерименталне анализе. Предмет разматрања је понашање конструкције стазе модела мосне дизалице. Урађена су испитивања у виду мерења напона под одређеним условима и резултати истих су упоређени са претходно добијеним резултатима из софтвера.

Кључне речи: модел мосне дизалице, МКЕ верификација, стаза дизалице, Autodesk Inventor Nastran

Abstract – This paper presents the procedure of engineering analysis of the given problem, which consists of theoretical and experimental analysis. The subject of consideration is the behavior of the bridge crane model runway structure. Tests were performed with strain gauges under certain conditions and the results were compared with previously obtained results from FEA.

Keywords: overhead crane model, FEA evaluation, crane runway, Autodesk Inventor Nastran

1. УВОД

Задатак овог рада је статичко испитивање и верификација применом МКЕ (метода коначних елемената) стазе модела двогредне мосне дизалице, која се налази у Лабораторији за машинске конструкције, транспортне системе и грађевинске машине Факултета техничких наука у Новом Саду. Дизалица је израђена у размери 1:10, по угледу на постојећу дизалицу и приказана је на слици 1.

Првобитна изведба модела дизалице није имала одговарајућу стазу, погоне кретања и дизања, нити одговарајуће управљање. Студентским ангажовањем и доприносом, кроз већи број завршних радова, модел дизалице је модернизован са одређеним модификацијама, попут израде адекватне стазе за кретање, погона кретања и дизања, електро-командног ормана са пратећом опремом. Носивост модела дизалице износи 320 kg.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Живанић, ванр. проф.

**2. ПРЕГЛЕД ИСПИТИВАЊА МОДЕЛА
ДИЗАЛИЦА**

У овом поглављу приказани су примери модела и спроведених испитивања мосних дизалица. На слици 2 приказан је модел испитне носеће конструкције дизалице Универзитета у Зеници, БиХ.

Недостатак носеће конструкције јесте то што је израђена на основу приближних прорачуна и процена носивости.



Слика 1. Лабораторијски модел дизалице и дизаличке стазе [1]



Слика 2. Модел испитне носеће конструкције дизалице Универзитета у Зеници, БиХ [2]

На слици 3 приказан је лабораторијски модел мосне дизалице Универзитета у Талину, Литванија [3]. У раду [3] описан је начин управљања мосних дизалица, без употребе сензора.

Недостатак модела је конструкција, која не одговара стварним изведбама, а на управљање дизалицом у великој мери утичу динамичка оптерећења покретних делова.

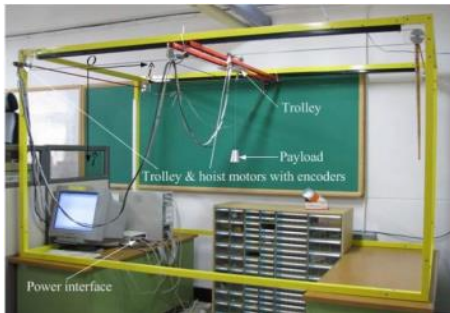


Слика 3. Модел мосне дизалице Универзитета технологије у Талину, Литванија [3]



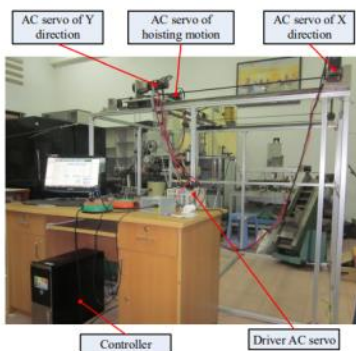
Слика 4. Модел порталне дизалице факултета информационих технологија и система, Холандија [2]

На слици 5 налази се модел контејнерске дизалице који је развијен у лабораторији Универзитета у Бусану, ради тестирања ефикасности задатих управљачких величина. Недостатак је неодговарајућа конструкција стазе дизалице.



Слика 5. Модел контејнерске дизалице Универзитета у Бусану, Јужна Кореја [4]

У часописима су присутни многи радови на тему динамичког понашања мосних дизалица. На слици 6 приказан је лабораторијски модел мосне дизалице техничког факултета у Хо Чи Мин-у, Вијетнам. Развијен је математички модел који описује нелинеарно понашање дизалице, услед истовременог подизања и њихања терета, а потом је исти поређен са извршеним мерењима. На основу тих резултата, предложен је контролер који би био уграђен ради смањења њихања терета.

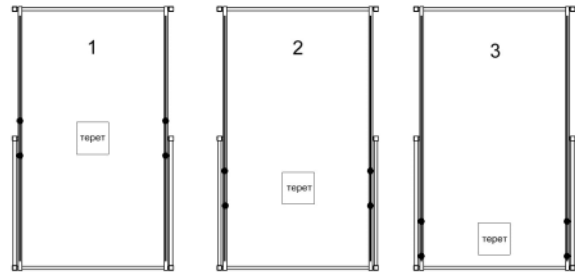


Слика 6. Модел мосне дизалице техничког факултета у Хо Чи Мин-у, Вијетнам [5]

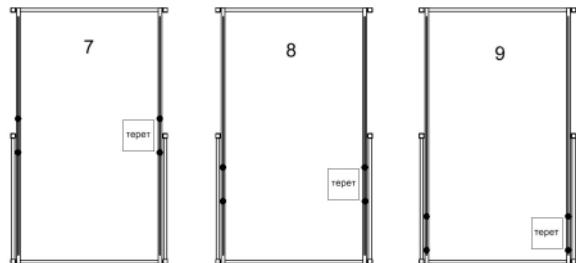
Сагледавањем приказаних модела дизалица, може се закључити да лабораторијски модел стазе и мосне дизалице у лабораторији Факултета техничких наука у Новом Сад представља репрезентативан пример моделске сличности са постојећом дизалицом. Узимајући у обзир да тренутно није доступно много радова везаних за статичко испитивање модела дизалица, искоришћена је прилика да се то подручје допуни овим радом.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АНАЛИЗА

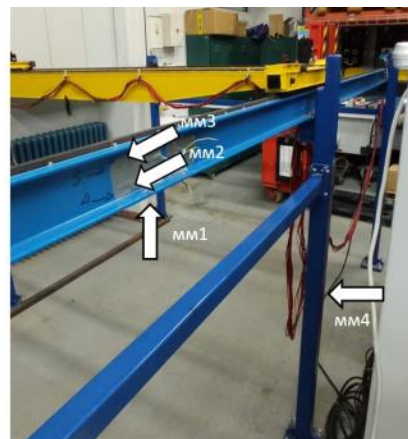
За извођење експеримента, потребно је поставити мерне траке на одговарајуће положаје на конструкцији стазе, повезати их са мерним системом, лоцирати тег масе 235 kg, у један од приказаних положаја на сликама 7 и 8, а затим измерити напоне. На слици 9 приказана су мерна места – на средини растојања између вертикалних ослонаца „I“ профила и на доњем појасу „I“ профила, затим на средини вертикалне квадратне цеви – ослонца. За испитивање конструкције коришћен је Spider 8 мерни систем и софтвер Catman Professional.



Слика 7. Положај терета у случају симетричне расподеле оптерећења



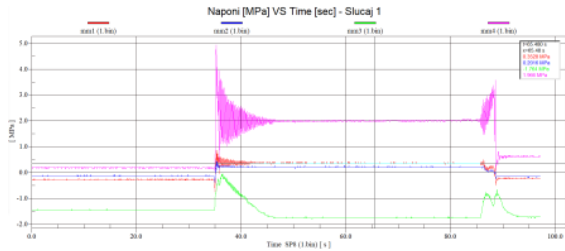
Слика 8. Положај терета у случају асиметричне расподеле оптерећења, десни положај



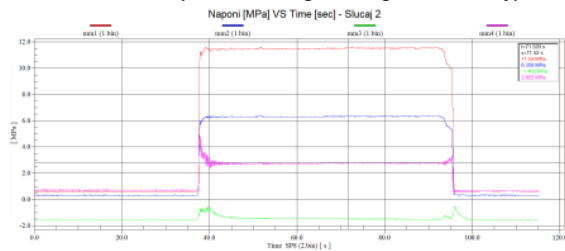
Слика 9. Мерна места

3.1. Резултати експеримента

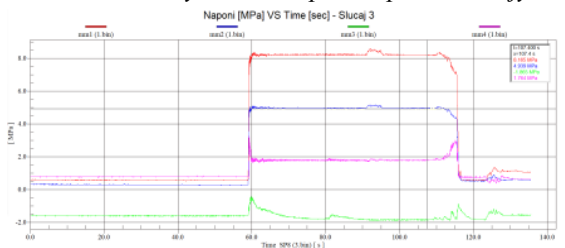
Након завршеног мерења, формиран су графици са приказаним резултатима мерења из софтвера, укупно 6 за свих 6 положаја. На сликама 10-15 налазе се графици за измерене вредности напона при положају са слика 7 и 8.



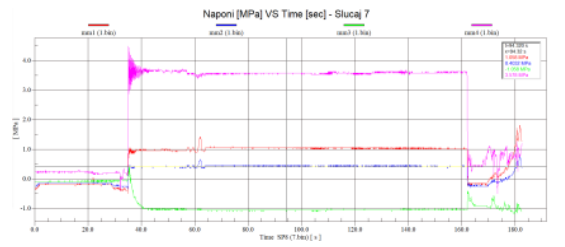
Слика 10. Резултати мерења при положају 1



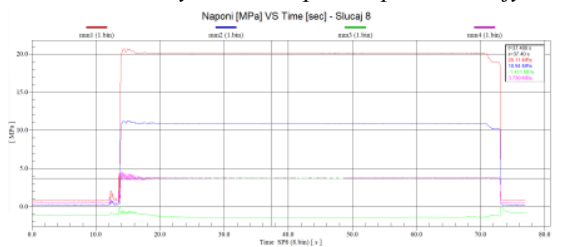
Слика 11. Резултати мерења при положају 2



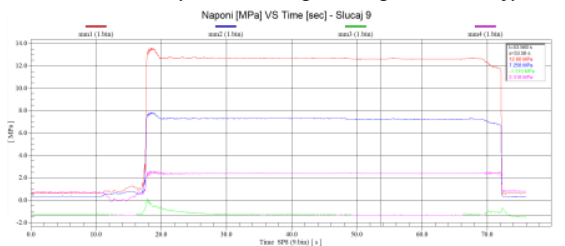
Слика 12. Резултати мерења при положају 3



Слика 13. Резултати мерења при положају 7



Слика 14. Резултати мерења при положају 8



Слика 15. Резултати мерења при положају 9

4. ВЕРИФИКАЦИЈА РЕЗУЛТАТА ПРИМЕНОМ МКЕ

Верификација добијених експерименталних резултата путем методе коначних елемената, извршена је у софтверском пакету *Autodesk Inventor Nastran*. У софтверу су формиран модели са површинским и запреминским идеализацијама. Површински модел је формиран од средишњих равни профила, док се запремински састојао од запреминских елемената.

4.1 Дефинисање вредности оптерећења у софтверу

У случају симетричне расподеле оптерећења, сила се преноси са једнаком вредношћу на сва 4 точка дизалице, према изразу 1, док се у случају несиметричне расподеле оптерећења преноси према изразима 2 и 3 и износи:

$$F = (235 + 30) \cdot 9,81 = \frac{2560N}{4 \text{ точка}} = 640 N \quad (1)$$

$$F = (250 + 30) \cdot 9,81 = 2560 \cdot 0,9 = \frac{2304N}{2 \text{ точка}} = 1152 N \text{ по точку, једна страна стазе} \quad (2)$$

$$2560 - 2304 = \frac{256}{2} = 128 N \text{ по точку, друга страна стазе} \quad (3)$$

4.2. Упоредни приказ резултата

Табеларни приказ добијених вредности напона на мерним местима из софтвера, за свих 6 случајева оптерећења, налази се у табелама бр. 1-6, као и добијени резултатима из експеримента, ради прегледности.

Табела 1. Очитане вредности напона код положаја 1

Симетрична расподела оптерећења, положај 1

	Очитани напон [MPa]			
	мерно место 1	мерно место 2	мерно место 3	мерно место 4
Модел површински	0,8	1,1	0,7	1,9
Модел запремински	0,9	0,4	0,5	2,5
Мерење	0,4	0,2	1,8	1,9

Табела 2. Очитане вредности напона код положаја 2

Симетрична расподела оптерећења, положај 2

	Очитани напон [MPa]			
	мерно место 1	мерно место 2	мерно место 3	мерно место 4
Модел површински	8	4,5	2,5	1,6
Модел запремински	10	5,6	1,9	2,2
Мерење	11,5	6,4	1,5	2,8

Табела 3. Очитане вредности напона код положаја 3

	Очитани напон [МПа]			
	мерно место 1	мерно место 2	мерно место 3	мерно место 4
Модел површински	6,8	4,3	4	1,3
Модел запремински	4,7	3,1	2,3	1,4
Мерење	8,2	4,9	1,9	1,8

Табела 4. Очитане вредности напона код положаја 7

	Очитани напон [МПа]			
	мерно место 1	мерно место 2	мерно место 3	мерно место 4
Модел површински	1,6	1,1	0,5	3
Модел запремински	1,4	0,7	0,8	5,1
Мерење	1,1	0,4	1,1	3,6

Табела 5. Очитане вредности напона код положаја 8

	Очитани напон [МПа]			
	мерно место 1	мерно место 2	мерно место 3	мерно место 4
Модел површински	15	9	4	3,6
Модел запремински	21	11,5	6,2	4,5
Мерење	20,1	11	1,4	3,7

Табела 6. Очитане вредности напона код положаја 9

	Очитани напон [МПа]			
	мерно место 1	мерно место 2	мерно место 3	мерно место 4
Модел површински	12,3	6,8	3,3	2,2
Модел запремински	11	7,3	4,6	2,6
Мерење	12,6	7,2	1,3	2,3

5 ЗАКЉУЧАК

Овај рад приказује процедуру и резултате статичког испитивања конструкције стазе модела мосне дизалице у Лабораторији за машинске конструкције, транспортне системе и грађевинске машине ФТН-а у Новом Саду. Статичко испитивање је спроведено уз помоћ мерног система *Spider 8* и софтверског пакета *Catman Professional*, док је верификација, применом МКЕ на формираном рачунарском моделу, урађена уз помоћ софтвера *Autodesk Inventor Nastran*.

Поједностављења која су присутна код површинског и запреминског рачунарског модела формираног у софтверу донекле искривљују реалну слику, па тако описан математички модел увек одступа од стварног објекта који се истражује.

Поређењем резултата вредности напона добијених путем експеримента и очитаних резултата из софтвера, могу се утврдити блага одступања у резултатима, која су прихватљива.

Рад представља заокружени поступак инжењерске анализе која се састоји од теоријске и експерименталне анализе. Овакав приступ инжењерској анализи представља идеалан ток истраживања, како у привреди, тако и у научно-истраживачким установама.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н. Тепавац „Унапређење лабораторијског модела мосне дизалице уградњом електромоторних погона дизања и кретања“, Нови Сад, 2019
- [2] С. Савић „Пројекат носеће конструкција шинске стазе лабораторијског модела мосне дизалице“, Нови Сад, 2021
- [3] А. Aksjonov, V. Vodovozov and E. Petlenkov, “Sensorless control of the three-dimensional crane using the Euler Lagrange approach with a built-in state-space model”, Proceedings of 56th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), Riga (Latvia), pp. 1-4, DOI: 10.1109/RTUCON.2015.7343138, (2015)
- [4] Q. C. Nguyen, H. Q. Le and K. Hong, “Improving control performance of a container crane using adaptive friction compensation”, Proceedings of the 14th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2014), Gyeonggi-do, (S. Korea), pp.157-162, DOI: 10.1109/ICCAS.2014.6987978, (2014)
- [5] А. Н. Vo, Q. Т. Truong, Н.-Q.-Т. Ngo, Q. C. Nguyen, “Nonlinear tracking control of a 3D overhead crane with friction and payload compensations”, Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology, Vietnam, pp 27-34, DOI: 10.14203/J.MEV.2016.V7. (2016)

Кратка биографија:



Дарио Јошић рођен је у Сомбору 1997.год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Машинство – Машинске конструкције, транспорт системи и логистика одбранио је 2023. год. контакт: dariojoosic@gmail.com



Никола Иланковић рођен је у Суботици 1994. год. Завршио је мастер академске студије 2018. године на Факултету техничких наука и исте године уписао докторске студије машинства. Запослен је у звању асистент мастер на Факултету техничких наука у Новом Саду.