

Универзитет у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1/1369

19. 05. 20²⁰ год.

КРАГУЈЕВАЦ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ненада Петровића, мастер инжењера машинства

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-251/3 од 18. 05. 2020. године, на предлог Наставно-научног Већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, одлука бр. 01-1/1261-2 од 14. 05. 2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Ненада Петровића**, мастер инжењера машинства под насловом:

„Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“

На основу увида у приложени докторску дисертацију, Извештаја Комисије за оцену подобности кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације, одлуке Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, бр. IV-04-390/7 од 08. 07. 2015. године, о давању сагласности на Извештај Комисије за оцену подобности кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације и одлуке којом Наставно-научно веће Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, бр. 01-1/2437-3 од 09. 07. 2015. године, одобрава израду докторске дисертације а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Ненада Петровића, мастер инжењера машинства под називом „Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“ представља резултат оригиналног научноистраживачког и практичног рада у области оптимизације решеткастих конструкција.

Анализа доступне литературе указује на то да се велики број истраживања у области решеткастих конструкција односи на структурну оптимизацију (*A. Kaveh, G. G. Tejani, S.*

O. Degertekin, ...) употребом хеуристичких метода. У овој дисертацији је коришћен генетски алгоритам за потребе структурне оптимизације решеткастих носећих конструкција у циљу минимизације масе.

Део истраживања из области користи неки вид ограничења математичког модела које врши проверу притиснутих штапова на извијање. Ово ограничење се тек у последњој деценији примењује у некој форми на само одређеним примерима (*V.T. Bich Quyen, E. Grande, H.-C. Kuo, M. Shahabsafa, ...*). Увођење овог ограничења као обавезног у процес оптимизације решеткастих носача је од посебног значаја за применљивост решења добијених овим процесом. Дисертацијом је дато поређење резултата са и без употребе овог ограничења и урађена је накнадна провера на извијање резултата који нису користили ограничење у процесу оптимизације како би се доказало да до извијања елемената конструкције долази ако се ово ограничење не уведе.

Досадашња истраживања, када се говори о оптимизацији решеткастих носача, углавном узимају у обзир само оптимизацију попречних пресека или оптимизацију попречних пресека симултано са оптимизацијом топологије или облика. Симултана оптимизација више од једног аспекта конструкције доводи до конструкција мањих маса од оних са оптимизацијом само једног аспекта (*R.M. Freund, F. Bastos, B.S. Gan, M. Kamiński, F. Flager, ...*). Симултана оптимизација сва три аспекта се ређе налази у литератури (*R.J. Balling, H. Rahami, A. Ahrari, ...*) и своди се на оптимизацију једноставнијих примера са мањим бројем ограничења услед обраде велике количине података. Обрађена тема докторске дисертације предлаже и даје поређење резултата добијених оптимизацијама појединачних аспеката као и свих њихових комбинација симултано.

У овој докторској дисертацији је као предмет истраживања представљен поступак који употребом дискретних променљивих попречних пресека, ограничења притиснутих штапова на извијање, ограничења минималне дозвољене дужине штапова и минималног броја могућих различитих попречних пресека конструкције доводи до реалних, применљивих оптималних решења.

Суштински допринос овог доктората и његов значај је увођење поступка оптимизације који је практично применљив и анализа утицаја његове имплементације на резултате. Поређење добијених резултата на основу типа оптимизације указује на потребу за употребом више различитих типова (оптимизације више аспеката и њихових комбинација) како би се добило употребљиво решење. Кандидат је, како би дошао до резултата и омогућио имплементацију поступка оптимизације, развио оригинални софтвер у који је интегрисао математички модел заснован на потребама реализације оваквих конструкција.

Због свега наведеног, Комисија сматра да спроведена анализа и добијени резултати имају велики потенцијал и могу допринети практичној примени процеса структурне оптимизације у процесу конструисања решеткастих носача.

2. Оцена да је урађена докторска дисертације резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Комисија сматра да је обрађена тема докторске дисертације изузетно актуелна у области структурне оптимизације решеткастих носећих конструкција, како са научног тако и са практичног аспекта.

Оригиналност ове докторске дисертације се огледа у томе што су уведена нова ограничења и провере у процес оптимизације решеткастих носача. Извршена је анализа

утицаја типа променљивих на резултате оптимизације и показана потреба за коришћењем искључиво дискретних променљивих попречних пресека. Уведена су нова ограничења у процес оптимизације како би се обезбедила стабилност и изводљивост конструкције. На овај начин се, уз помоћ оригиналног развијеног софтвера, применом досадашњих истраживања и знања, врло лако може доћи до функционалног модела решеткасте носеће конструкције за задате услове рада.

Кандидат је на почетку истраживања, на тему ове докторске дисертације, поставио хипотезе које су већим делом проистекле из иницијалних хипотеза постављених пријавом докторске дисертације:

- Могуће је минимизовати масу, цену и број елемената без нарушавања носивости решеткастог носача. Такође је могуће и аутоматизовати процес њиховог конструисања, чиме се убрзава време добијања решења и смањује или елиминише грешка. Овако је омогућено и праћење побољшања оптималног решења у односу на полазно аналитичко решење како би се обезбедило интерактивно доношење одлука.
- Структурна оптимизација појединачних аспеката конструкције (попречних пресека, топологије и облика) даје боље резултате од аналитичких решења. Симултаном оптимизацијом два од три аспекта се постижу мање масе него при оптимизацији само једног од два коришћена аспекта. Оваква оптимизација која оптимизује сва три аспекта конструкције симултано (оптимизација попречних пресека, топологије и облика) даје најмању масу у поређењу са оптимизацијом осталих аспеката и њихових комбинација.
- Примена практичних ограничења, као што су минималне дужине елемената и динамичких ограничења притиснутих штапова против појаве извијања, дају другачије конфигурације оптималних решења у односу на моделе који немају ова ограничења и веће су масе. Оптимални модели, као што су неки из литературе, не задовољавају услове извијања и самим тим нису применљиви у пракси. Употреба дискретних променљивих за оптимизацију попречних пресека даје реална решења која су изводљива у пракси.
- Структурна оптимизација решеткастих носача која узима у обзир оптимизацију попречних пресека, најчешће даје решења са непрактично великим бројем различитих профила попречних пресека штапова. Додавањем ограничења броја могућих различитих профила попречних пресека, могуће је добити практично применљиве моделе са прихватљивим бројем различитих профила. Оптимална решења ограничена на три или четири различита попречна пресека, за случајеве који узимају у обзир оптимизацију попречних пресека, имају већу масу од оптималних решења која нису ограничена бројем различитих елемената. Напомиње се важност ставке да ова разлика у маси треба да буде прихватљива због изводљивости, рационална и економски оправдана ако је мање масе од аналитичког решења.
- Укупна спољашња површина оптималних решеткастих конструкција нема директну корелацију са смањењем масе. То једино не важи за оптимизацију само попречних пресека, у случају када се користе искључиво пуни попречни пресеци.

Кандидат је доказивањем представљених хипотеза извео једно обимно истраживање увођења ограничења и алгоритма за оптимизацију решеткастих носећих конструкција. Употребом новоуведеног приступа у оригинално развијеном софтверу на стандардним тест примерима, као и на практичном примеру, доказане су хипотезе и кандидат је дошао до веома атрактивних и оригиналних научних резултата који могу наћи примену и у пракси.

3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној научној области

Ненад Д. Петровић, рођен је 13. 02. 1989. године у Крагујевцу. Основно образовање стекао је у основној школи "Glenhaven S.P.S." у Мисисаги, Онтарио, Канада. Средњу школу, "Glenforest S.S.", у Мисисаги, Онтарио, Канада, је завршио 2007. године. Исте године, по повратку из Канаде, уписао је Машински факултет у Крагујевцу, на коме је одбранио завршни рад 2010. године на смеру за Машинске конструкције и механизацију из предмета Машински елементи 2 под насловом „Пројектовање двостепеног редуктора“. Мастер рад из предмета Транспортни уређаји и машине, под називом „Анализа замора заварених спојева транспортних машина и уређаја“ одбранио је 2012. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Током мастер академских студија Ненад Петровић је био стипендиста компаније Рап Марин Груп (*Rapp Marine Group*) из Норвешке. У оквиру реализације овог програма боравио је 40 дана у седишту компаније у граду Сијетл у држави Вашингтон, САД и радио на пословима конструисања бродске опреме за рибарење.

Докторске академске студије уписао је у новембру 2012. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 10. Докторску дисертацију под називом „Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“, пријавио је 15. 04. 2015. године.

Након завршених основних и мастер студија на матичном Факултету Ненад Петровић, мастер инжењер машинства ангажован је на Катедри за машинске конструкције и механизацију у извођењу наставних активности на следећим предметима: Основи конструисања (2012. -), Инжењерски алати (2013. -), Отпорност материјала (2012.), Техничко цртање са компјутерском графиком (2016. -), Индустијски дизајн (2013. – 2019.), Примена рачунара у развоју производа (2015. -) и Конструисање помоћу рачунара (2015. -).

Коаутор је помоћног универзитетског уџбеника: Ненад Марјановић, Ненад Костић, Ненад Петровић - Основи конструисања - Збирка задатака, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Крагујевац, 2018.

Објављени радови:

Кандидат је из уже научне области публиковао 2 рада категорије М23, 1 рад категорије М24, 5 радова категорије М51, 3 рада категорије М52, 18 радова категорије М33 и 2 саопштења категорије М34.

Радови у међународним часописима (М23):

1. M. Blagojević, M. Matejić, N. Kostić, N. Petrović, N. Marjanović, B. Stojanović, THEORETICAL AND EXPERIMENTAL TESTING OF PLASTIC CYCLOID

REDUCER EFFICIENCY IN DRY CONDITIONS, Journal of the Balkan Tribological Association, Vol.23, No.2, pp. 367-375, ISSN 1310-4772, 2017 (M23);

2. N. Kostić, M. Blagojević, **N. Petrović**, M. Matejić, N. Marjanović, DETERMINATION OF REAL CLEARANCES BETWEEN CYCLOIDAL SPEED REDUCER ELEMENTS BY THE APPLICATION OF HEURISTIC OPTIMIZATION, *Transactions of FAMENA* 2018, 42(1): 15-26, ISSN 1333-1124, DOI <https://doi.org/10.21278/TOF.42102> (M23).

Радови у националним часописима међународног значаја (M24):

1. **N. Petrović**, N. Marjanović, N. Kostić, M. Blagojević, M. Matejić, S. Troha, EFFECTS OF INTRODUCING DYNAMIC CONSTRAINTS FOR BUCKLING TO TRUSS SIZING OPTIMIZATION PROBLEMS, *FME TRANSACTIONS*, 2018, 46(1): 117-123, ISSN 1451-2092 (M24).

Радови у врхунским часописима националног значаја (M51):

1. Miloš Matejić, Lozica Ivanović, **Nenad Petrović**, ADOPTION OF OPTIMAL TEETH PARAMETERS OF GEROTOR PUMP, *ACTA TEHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering*, Vol.8, No.3, pp. 39-42, ISSN 2067-3809, 2015 (M51);
2. Nenad Kostić, Milorad Bojić, Miloš Matejić, **Nenad Petrović**, Vesna Marjanović, POGODNOSTI OPTIMIZACIJE NISKIH STAMBENIH OBJEKATA, *kgħ (Klimatizacija grejanje i hlađenje)*, Vol.44, No.1, pp. 55-66, ISSN 0350-1426, 2015 (M51);
3. N. Marjanović, N. Kostić, **N. Petrović**, M. Matejić, M. Blagojević, GENETIC ALGORITHM PARAMETER CONTROL FOR ACHIEVING BETTER OPTIMIZATION PERFORMANCE, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Vol.14, No.1, pp. 239-242, ISSN 1584-2665, 2016 (M51);
4. Nenad Kostić, Miloš Matejić, **Nenad Petrović**, Mirko Blagojević, Nenad Marjanović, Optimizacija geometrijskih veličina toplotnih prijemnika sunčeve energije heurističkim optimizacionim metodama, *kgħ (Klimatizacija grejanje i hlađenje)*, Vol.46, No.2, pp. 145-148, ISSN 0350-1426, <https://doi.org/10.24094/kgħc.017.46.2.145>, 2017 (M51);
5. Nenad Marjanović, Nenad Kostić, **Nenad Petrović**, Mirko Blagojević, Miloš Matejić, TEACHING-LEARNING-BASED OPTIMIZATION ALGORITHM FOR SOLVING MACHINE DESIGN CONSTRAINED OPTIMIZATION, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, Vol.15, No.2, pp. 105-108, ISSN 1584-2665, 2017 (M51).

Радови у истакнутим националним часописима (M52):

1. Nenad Marjanović, Nenad Kostić, **Nenad Petrović**, Mirko Blagojević, Miloš Matejić, Biserka Isailović, COMPARATIVE ANALYSIS OF ANALYTICAL AND OPTIMIZATION ON GEARBOX DIMENSIONS AND VOLUME, *Machine design*, Vol.6, No.4, pp. 127-130, ISSN 1821-1259, 2014 (M52);

2. Ненад Костић, Ненад Марјановић, **Ненад Петровић**, A NOVEL APPROACH FOR SOLVING GEAR TRAIN OPTIMIZATION PROBLEM, Journal Mobility and Vehicle Mechanics, Vol.42, No.2, pp. 69-76, ISSN 1450-5304, 2016 (M52);
3. **Nenad Petrović**, Nenad Kostić, Nenad Marjanović, DISCRETE VARIABLE TRUSS STRUCTURAL OPTIMIZATION USING BUCKLING DYNAMIC CONSTRAINTS, Machine Design, Vol.10, No.2, pp. 51-56, ISSN 1821-1259, 2018 (M52).

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33):

1. Milos Matejic, Mirko Blagojevic, Zorica Djordjevic, Nenad Marjanovic, **Nenad Petrovic**, "COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFERENT TYPE REDUCERS FOR WINCH DRUM DRIVING UNIT", 7th International Quality Conference, Conference proceedings, ISBN: 978-86-86663-94-8, Pages 255-262, 2013 (M33);
2. **Nenad Petrovic**, Mirko Blagojevic, Nenad Marjanovic, Milos Matejic, "PARAMETRIC DRAWING OF A CYCLO DRIVE SHORTENED EQUIDISTANT EPITROCHOID GEAR", 7th International Quality Conference, Conference proceedings, ISBN: 978-86-86663-94-8, Pages 303-308, 2013 (M33);
3. Mirko Blagojevic, Nenad Marjanovic, **Nenad Petrovic**, Milos Matejic, Milorad Bojic, "MULTI CRITERIA OPTIMIZATION OF LOW-RISE DETACHED HOUSE HEATING SYSTEMS IN AN ATTEMPT TO MINIMIZE ENVIORMENTAL DAMAGE AND MAXIMIZE COMFORT OF USE", 8th International Quality Conference, Conference proceedings, ISBN: 978-86-6335-004-5, Pages 427-432, 2014 (M33);
4. Dobrivoje Catic, **Nenad Petrovic**, Jasna Glisovic, Jasmina Mikovic, Sandra Velickovic, "PROGRAM SUPPORT FOR RELIABILITY ALLOCATION FROM A STAND POINT OF TECHINAL REQUIREMENTS", 8th International Quality Conference, Conference proceedings, ISBN: 978-86-6335-004-5, Pages 481-488, 2014 (M33);
5. Milos Matejic, Dobrivoje Catic, **Nenad Petrovic**, Sandra Velickovic, Jasmina Mikovic, "BELT CONVEYER ANALYSIS USING FAULT TREE ANALYSIS METHOD", 8th International Quality Conference, Conference proceedings, ISBN: 978-86-6335-004-5, Pages 489-494, 2014 (M33);
6. Milos Matejic, Mirko Blagojevic, **Nenad Petrovic**, Dragan Cvetkovic, Milorad Bojic, "INFLUENCE OF THE MEANS, INTENSITY AND POSSIBILITIES OF EXPLOATING LOW-RISE BUILDINGS ON ENERGY SAVINGS AND RESULTS OF THEIR OPTIMIZATION", 8th International Quality Conference, Conference proceedings, ISBN: 978-86-6335-004-5, Pages 761-766, 2014 (M33);
7. Zorica Djordjevic, Jovana Rasic, Mirko Blagojevic, Milos Matejic, **Nenad Petrovic**, "TRUCK SUPPROTIVE CHASIS STRUCTURAL STATIC ANALYSIS", International Congress Motor Vehicles and Motors 2014, Conference proceedings, ISBN: 978-86-6335-010-6, Pages 405-410, 2014 (M33);
8. Mirko Blagojevic, Zorica Djordjevic, Milos Matejic, Nenad Kostic, **Nenad Petrovic**, "DYNAMIC MODEL OF CYCLOIDAL SPEED REDUCER", International Congress Motor Vehicles and Motors 2014, Conference proceedings, ISBN: 978-86-6335-010-6, Pages 421-426, 2014 (M33);

9. Milos Matejic, Lozica Ivanovic, **Nenad Petrovic**, Nenad Kostic, "DETERMINATION OF THE MOST INFLUENTIAL FACTOR DURING THE ROPE WINDING PROCESS AROUND WINCH DRUMS USING TAGUCHI METHOD", 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRIBOLOGY, BALKANTRIB 14, Conference proceedings, ISBN: 978-973-719-570-8, Pages 794-798, 2014 (M33);
10. Nenad Kostić, Milorad Bojić, Miloš Matejić, **Nenad Petrović**, Vesn Marjanović, "BENEFITS OF OPTIMIZING LOW-RISE BUILDINGS", 45th INTERNATIONAL CONGRESS & EXHIBITION ON HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING, Conference proceedings, ISBN: 978-86-81505-75-5, Pages 1-8, 2014 (M33);
11. Miloš Matejić, Lozica Ivanović, **Nenad Petrović**, "ADOPTION OF OPTIMAL TEETH PARAMETERS OF GEROTOR PUMP", 2nd International conference COMETA 2014, Conference proceedings, ISBN: 978-99976-623-2-3, Pages 505-512, 2014 (M33);
12. Nenad Kostić, **Nenad Petrović**, Nenad Marjanović, Mirko Blagojević, Miloš Matejić, "PARAMETRIC MODELING OF GEAR TRANSMISSIONS IN CAD SOFTWARE WITH DEFINABLE SHAFT AXIS POSITIONS", 2nd International conference COMETA 2014, Conference proceedings, ISBN: 978-99976-623-2-3, Pages 513-520, 2014 (M33);
13. Mirko Blagojević, **Nenad Petrović**, Nenad Kostić, Miloš Matejić, Nenad Marjanović, "PRODUCT DEVELOPMENT AT THE FACULTY OF ENGINEERING UNIVERSITY IN KRAGUJEVAC", 2nd International conference COMETA 2014, Conference proceedings, ISBN: 978-99976-623-2-3, Pages 697-700, 2014 (M33).
14. Nenad Marjanović, Nenad Kostić, **Nenad Petrović**, Mirko Blagojević, Miloš Matejić, TEACHING-LEARNING-BASED OPTIMIZATION ALGORITHM FOR SOLVING MACHINE DESIGN CONSTRAINED OPTIMIZATION, THE 3rd INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, East Sarajevo, Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina, 2016, 7. 12, pp. 101-108, ISBN 978-99976-623-7-8 (M33);
15. **N. Petrović**, N. Marjanović, N. Kostić, M. Blagojević, M. Matejić, SIZING OPTIMIZATION OF PARAMETRICALLY DESIGNED TRUSSES, 13th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka BiH, 2017, 26.-27. 05., pp. 93-100, ISBN 978-99938-39-72-9 (M33);
16. Nenad Marjanović, Nenad Kostić, **Nenad Petrović**, Mirko Blagojević, Miloš Matejić, A NEW MODIFICATION OF GENETIC ALGORITHM OR SOLVING ENGINEERING OPTIMIZATION PROBLEMS, 8th International Scientific Conference IRMES 2017, Требиње, БиХ, 2017, 7.-9. Септембар, pp. 153-156, ISBN 978-9940-527-53-2 (M33);
17. **Nenad Petrović**, Nenad Kostić, Nenad Marjanović, A COMPARISON OF TRUSS STRUCTURAL OPTIMIZATION TYPES WITH AND WITHOUT BUCKLING DYNAMIC CONSTRAINTS, COMETA 2018 - 4th International Scientific Conference, Jahorina, Republic of Srpska, B&H, 2018, 27.-30. 10., pp. 464-471, ISBN 978-99976-719-4-3 (M33);

18. **Nenad Petrović**, Nenad Kostić, Nenad Marjanović, Mirko Blagojević, Miloš Matejić, INFLUENCE OF BUCKLING ON TRUSS STRUCTURAL OPTIMIZATION, 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering - DEMI 2019, Banja Luka, 2019, 25.-25. 05, pp. 415-422, ISBN 978-99938-39-85-9 (M33).

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34):

1. **Nenad Petrović**, Nenad Kostić, Nenad Marjanović, Jelena Živković, Ileana Ioana Cofaru, EFFECTS OF STRUCTURAL OPTIMIZATION ON PRACTICAL ROOF TRUSS CONSTRUCTION, 9th International Scientific Conference [on] Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES 2019, Kragujevac, 2019, 05.-07. 09., pp. 30-31, ISBN 978-86-6335-061-8 (M34);
2. Vesna Marjanović, Nenad Kostić, **Nenad Petrović**, Nicolae Florin Cofaru, MODELING LATERAL CRACK BREATHING IN A ROTOR USING FINITE ELEMENT METHOD, 9th International Scientific Conference [on] Research and Development of Mechanical Elements and Systems, IRMES 2019, Kragujevac, 2019, 05.-07.09., pp. 64-65, ISBN 978-86-6335-061-8 (M34);

Учешће на пројектима ресорног министарства

1. Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема, Министарство за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, TR32036, 2015 – 2020. године, руководилац пројекта проф. др Мирослав Живковић.

Учешће на међународним пројектима

1. ЦЕПУС мрежа „Technical Characteristics Researching of Modern Products in Machine Industry (Machine Design, Fluid Technics and Calculations) with the Purpose of Improvement Their Market Characteristics and Better Placement on the Market“, СЕЕРУС, СП-RS-0304-07-1415, 2016. - , координатор мреже проф. др Мирко Благојевић.

4. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Ненада Петровића, мастер инжењер машинства под називом „Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“ одговара по садржају теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. Ова докторска дисертација, по квалитету и обиму истраживања, у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове прописане за докторску дисертацију.

Докторска дисертација је написана на 153 стране и садржи 93 слике, а цитирана су 104 литературна извора.

Докторска дисертација садржи 6 поглавља и списак коришћене литературе, који су дати следећим редоследом:

1. Увод
2. Конвенционални приступ конструисању решеткастих конструкција
3. Структурна оптимизација
4. Развој софтвера за оптимизацију решеткастих конструкција

5. Примери и анализа резултата

6. Закључак

Литература

У првом поглављу дат је основни увод у област оптимизације решеткастих носећих конструкција, предмет рада, кратак осврт на развој области, представљени су циљеви дисертације, постављене хипотезе и приказана структура рада као и преглед значајнијих истраживања из области оптимизације решеткастих конструкција, подељен према аспектима конструкције који се оптимизују. Дат је и преглед радова аутора публикованих у претходним годинама, чиме се потврђује релевантност теме као и предлог даљих истраживања, што ће представљати следећи корак у научно-истраживачком раду аутора.

У другом поглављу дисертације разматран је конвенционални приступ конструисања решеткастих носећих конструкција. Дата су објашњења методе аналитичког прорачуна као и нумеричке методе које се користе у прорачуну. Кандидат је издвојио извијање притиснутих штапова као важан елемент прорачуна конструкције. На основу овог конвенционалног приступа је постављен оптимизациони проблем минимизације масе решеткастих носача.

У трећем поглављу су дефинисане основе рада генетског алгорита. Приказан је проблем минимизације масе решеткастих конструкција структурном оптимизацијом. Размотрена је оптимизација конкретних аспеката конструкције (попречних пресека, топологије и облика). Дефинисана су и оригинална новоуведена практична оптимизациона ограничења минималне дозвољене дужине штапа, ограничења притиснутих елемената на извијање, као и ограничења броја различитих попречних пресека.

У четвртном поглављу је представљен развијени оригинални софтвер за оптимизацију решеткастих конструкција. Развијени софтвер се ослања на употребу постојећих метода за структурну анализу и оптимизационе методе за оригинални сложени математички модел који узима у обзир новоуведена и устаљена ограничења. Детаљно је објашњен начин на који софтвер врши оптимизацију према конкретним аспектима конструкције појединачно и симултано.

У петом поглављу четири стандардна тест примера (са 10, 17, 25 и 47 штапова) су оптимизована користећи оригинални софтвер. Поред стандардних примера, софтвер са новим ограничењима је примењен и на четири могућа тополошка случаја једног практичног примера кровног решеткастог носача. Пример кровног носача се разликује од стандардних тиме што користи шупље попречне пресеке. Рад софтвера је верификован поређењем резултата са аналогним примерима из литературе. На крају резултата сваког од примера дата је и детаљна анализа решења.

Шесто поглавље даје преглед постигнутих резултата. Поређени су резултати са постављеним циљевима и установљене су смернице за даљим истраживањем у области. На основу постигнутих резултата изведена је верификација хипотеза којима је могуће дефинисати допринос постигнут овим докторатом.

На крају рада је дат списак литературних извора коришћених у току истраживања на тему ове докторске дисертације као и кратка биографија и изјаве аутора.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Ненад Петровић, мастер инжењер машинства је у оквиру своје докторске дисертације извршио систематизацију и детаљну анализу досадашњих постојећих како

теоријских, тако и емпиријских знања из области структурне оптимизације решеткастих носећих конструкција. Сва поглавља ове докторске дисертације чине целину која означава нови приступ у оптимизацији ових конструкција у односу на постојећа решења која се данас користе у литератури. Коришћењем овог приступа добија се, поред научно значајних резултата, и велики допринос самој инжењерској пракси у процесу конструисања решеткастих носача. На основу представљене анализе резултата примера у петом поглављу могу се извести конкретни закључци о научним резултатима који су постигнути истраживањем у оквиру ове докторске дисертације:

- Извршена је детаљна систематизација и анализа доступних литературних извора према аспектима конструкције који се оптимизују, тј. према типу оптимизације решеткастих конструкција;
- Формиран је нови скуп ограничења који је потребно користити приликом оптимизације решеткастих носећих конструкција и то: провера притиснутих штапова на извијање, ограничење минималне дозвољене дужине елемената и ограничење минималног дозвољеног броја различитих попречних пресека;
- Развијен је оригинални софтвер за имплементацију новоуведених ограничења у *Rhinoceros 5.0* софтверу, користећи додатке *Grasshopper*, *Galapagos* и *Karamba* који омогућава оптимизацију свих аспеката конструкције решетке и њихово симултано комбиновање;
- Извршена је оптимизација рада софтвера како би се смањило време добијања решења и како би се смањила могућност грешке;
- У софтвер је уведена провера укупне спољашње површине како би се поредила потребна количина површинске заштите у односу на решења;
- На стандардним тест примерима је извршена верификација рада софтвера поређењем резултата оптимизованих модела са устаљеним ограничењима са резултатима из литературе;
- Приказана је разлика у маси примера у односу на то да ли се користи ограничење притиснутих штапова на извијање и приказано је да примери који не користе ово ограничење не задовољавају услов провере на извијање за скоро све или све притиснуте штапове, зависно од примера;
- Стандардни тест примери са 10, 17, 25 и 47 штапова, као и кровни решеткасти носач су у софтверу оптимизовани према свим, за конкретне примере могућим, аспектима, користећи устаљена напонска ограничења и ограничења померања чворова уз новоуведена ограничења провере притиснутих штапова на извијање, минималне дужине елемената и минималног дозвољеног броја различитих попречних пресека;
- Приказана је, кроз поређење са резултатима из литературе, основаност потребе за увођењем ограничења минималне дужине елемената;
- Препоруке за ограничење минималног дозвољеног броја различитих попречних пресека су добијене оптимизацијом примера за задате различите бројеве различитих попречних пресека и анализом њихових резултата;

- Извршено је поређење оптималних (без ограниченог броја различитих попречних пресека) и аналитичких решења са оптималним резултатима где је ограничаван број различитих попречних пресека;
- Извршено је поређење свих резултата према критеријуму укупне спољашње површине и установљен је утицај минимизације масе на спољашњу површину.

6. Применљивост резултата у теорији и пракси

Докторска дисертација кандидата Ненада Петровића, мастер инжењер машинства под називом „Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“ даје као резултат један нови приступ конструисања решеткастих носача коришћењем оптимизације која има за циљ убрзање и побољшање досадашњег приступа и узима у обзир реална ограничења коришћена приликом конвенционалног конструисања. Добијени резултати докторске дисертације су применљиви, како у теорији изучавања структурне оптимизације, тако и у инжењерској пракси. Кључни научни доприноси су:

- Увођење провере притиснутих штапова на извијање коришћењем Ојлеровог обрасца;
- Анализа употребе дискретних уместо континуалних променљивих попречних пресека;
- Увођење ограничења минималне дозвољене дужине елемената како би се избегла могућност преклапања чворова;
- Детаљна анализа утицаја коришћених аспеката за оптимизацију на масу модела;
- Увођење новог ограничења минималног броја различитих штапова;
- Анализа утицаја задате вредности ограничења минималног броја различитих штапова на масу оптималних модела.

У практичном смислу коришћење провере притиснутих штапова на извијање коришћењем Ојлеровог обрасца, новоуведених ограничења минималне дозвољене дужине елемената и минималног броја различитих штапова у математичком моделу оптимизације даје практично применљива решења. Оригинално развијени софтвер је направљен тако да користи устаљена ограничења максималног дозвољеног напона и померања чворова у комбинацији са новим ограничењима. Овакав приступ оптимизацији уз могућност комбиновања или оптимизације само конкретних аспеката конструкција показано даје велику флексибилност у смислу одабира адекватне конфигурације оптималног модела за жељену примену.

Очекивано је да у пракси није увек могуће оптимизовати све аспекте конструкције, као и да су дужине и број могућих различитих елемената ограничени за конкретне случајеве. Приступ представљен овом докторском дисертацијом омогућава адаптацију математичког модела конкретним практичним проблемима у циљу минимизације масе конструкције. Додатни фактор у одабиру решења је и укупна спољашња маса конструкције коју софтвер израчунава, а која, као што је приказано у раду, може значајно да варира од конфигурације до конфигурације и нема директну корелацију са масом у случају употребе шупљих профила.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Истраживања у оквиру докторске дисертације представљају резултат рада кандидата који се у великој мери поклапа са пријавом исте. Кандидат је до сада из уже области докторске дисертације публиковао 1 рад у научним часописима међународног значаја категорије М23, 1 рад у истакнутом домаћем часопису категорије М52, као и 3 рада на међународним научним скуповима, штампаним у зборницима радова категорије М33. Од ових радова су до сада 3 рада, са резултатима добијеним као директан резултат ове дисертације, цитирана у светским часописима од стране аутора са универзитета у Вијетнаму и САД-у. Поред ових радова, као што је приказано у списку објављених радова ставке 2 овог извештаја, кандидат има још објављених резултата из ширих области оптимизације и машинских конструкција и механизације. Објављени радови представљају мањи део резултата остварених у оквиру рада на докторској дисертацији. Остали резултати кандидата планирани су за публковање кроз часописе међународног значаја, као и на домаћим и међународним научним скуповима.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Ненада Петровића, мастер инжењер машинства под називом „Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“ одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, односно Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је током истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама. Докторска дисертација је резултат самосталног рада кандидата и по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације. У току израде докторске дисертације, кандидат Ненад Петровић мастер инжењер машинства, је самостално дошао до оригиналних научних резултата, који су приказани у овој дисертацији. Постигнути низ резултата представља значајан допринос у области структурне оптимизације решеткастих носача и развоју математичких модела који представљају захтеве практичне имплементације.

С обзиром на актуелност и атрактивност проблематике која је обрађена у оквиру ове докторске дисертације и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Ненад Петровић, мастер инжењер машинства и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

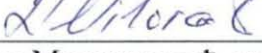
На основу претходно наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ненада Петровића, мастер инжењера машинства предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију под називом:

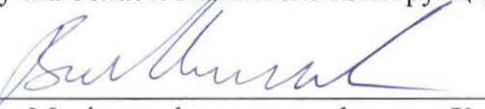
„Структурна оптимизација решеткастих носећих конструкција“


прихвати као успешно урађену и да кандидата позове на усмену јавну одбрану дисертације.


У Крагујевцу и Нишу, маја 2020. године

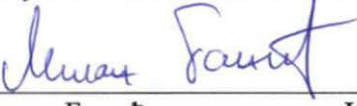
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
др Ненад Милорадовић, ванр. проф., председник Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Машинске конструкције и механизација

2. 
др Весна Марјановић, ванр. проф., члан Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Машинске конструкције и механизација

3. 
др Мирослав Живковић, ред. проф., члан Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Уже научне области: Примењена механика, Примењена
информатика и рачунарско инжењерство

4. 
др Ненад Костић, доцент, члан Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Машинске конструкције и механизација

5. 
др Милан Банић, доцент, члан Комисије
Машински факултет, Универзитет у Нишу
Ужа научна област: Машинске конструкције