

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Архитектонски факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Јане А. Липковски, дипл. инж. арх.

Одлуком бр. 01-1792/2.5.2. од 12.10.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Јане А. Липковски, дипл. инж. арх. под насловом

ОПТИМАЛНОСТ ПРИМЕНЕ НУМЕРИЧКИХ МЕТОДА ОДРЕЂИВАЊА ПОЧЕТНЕ И ДЕФОРМИСАНЕ ГЕОМЕТРИЈЕ МЕМБРАНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Мр Јана Липковски одбранила је магистарску тезу „Formfinding and Modelling of Membrane Structures based on Minimal Surfaces“ (српски: „Формфајндинг и моделовање мембранских конструкција уз помоћ минималних површи“), у октобру 2013. године на Универзитету у Београду - Грађевински факултет (ментор проф. Мира Петронијевић и ко-ментор проф. Миодраг Несторовић), чиме је стекла услов за подношење пријаве докторске дисертације.

На основу члана 98. Статута Архитектонског факултета у Београду (Сл. билтен АФ. бр. 80/08,84/10, 88/12 I 89/12 – пречишћен текст), а у вези са чланом 28. Правилника о докторским студијама Архитектонског факултета у Београду (Сл. билтен АФ, бр. 81/08) Веће докторских студија је на седници одржаној дана 27.01.2014. године, донело одлуку број 10-36/2.в.3. којом предлаже Наставно-научном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду да образује Комисију за оцену испуњености услова кандидата мр Јане А. Липковски, дипл. инж. арх., и тему докторске дисертације под насловом: „Оптималност примене нумеричких метода одређивања почетне и деформисане геометрије мембранских конструкција“.

Наставно-научно веће Факултета је на седници одржаној дана 03.02.2014. године донело одлуку број 01-130/2-5.19. о именовању Комисије за оцену испуњености услова кандидаткиње и теме докторске дисертације, у саставу:

- проф. др Милан Глишић, редовни професор у пензији, Архитектонски факултет Универзитета у Београду
- доц. др Ружа Окрајнов Бајић, дипл. инг. грађ, доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- проф. др Ђорђе Вуксановић, дипл. инг. грађ, редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду

Комисија за оцену испуњености услова кандидата и теме докторске дисертације је предала Извештај који је усвојен на Наставно-научном већу Факултета дана 10.03.2014. године. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 20. 05. 2014. године, донело је одлуку бр. 61206-2292/2-14 којом даје сагласност на тему докторске дисертације „Оптималност примене нумеричких метода одређивања почетне и деформисане геометрије мембранских конструкција“.

Наставно-научно веће Архитектонског факултета на седници одржаној 23.06.2014. године одобрило је рад на теми докторске дисертације кандидата, за ментора је именован проф. др Милан Глишић, редовни професор, а за рок до када кандидат може одбранити докторску дисертацију одредило 30.09.2016. године.

Октобра 2015. године кандидат је, уз сагласност ментора, предала завршену докторску дисертацију Већу докторских студија.

На основу члана 32. [с2] Самосталног члана Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању (Сл. гласник РС, бр. 76/05, 100/07 – аутентично тумачење, 97/08, 44/10, 93/12, 89/13 и 99/14), члана 38. Статута Архитектонског факултета у Београду (Сл. билтен АФ, бр. 80/08, 84/10, 88/12, 89/12 – пречишћен текст и 98/14) и предлога Већа докторских студија Факултета од 05.10.2015. Наставно-научно веће Архитектонског факултета је на седници одржаној дана 12.10.2015. донело одлуку број 01-1792/2.5.2 о образовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- проф. др Милан Глишић, редовни професор у пензији, Архитектонски факултет Универзитета у Београду,
- доц. Др Ружа Окрајнов Бајић, дипл. инг. грађ, доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- проф. Др Ђорђе Вуксановић, дипл. инг. грађ, редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду

1.2 Научна област дисертације

Дисертација која је предмет овог извештаја припада научној области Архитектура и ужој научној области Архитектонске технологије, како је дефинисано Статутом Архитектонског факултета из 2006. године, члан 122, став 1.

Ментор дисертације је проф. др Милан Глишић, редовни професор Универзитета у Београду – Архитектонског факултета у пензији.

Списак радова који квалификују проф. др Милана Глишића за ментора докторске дисертације:

1. Glišić M.: Use of thin wall reinforced concrete profiles while forming structural systems. International Science Meeting INDIS03, Novi Sad, 2003.
2. Nikšić M., I. Hadžić I., Glišić M.: Is Phallus impudicus a mycological giant? "Mycologist", Vol.18, Part 1, Cambridge University Press, 2004.
3. Glišić M.: Sanation of hotel structure in Belgrade using coupling steel with existing damaged reinforced concrete. International Science Meeting INDIS'07, Novi Sad, 2007.
4. Glišić M.: The Lightweight prefabricated concrete formwork elements. Science Meeting INDIS'01, Novi Sad, 2001
5. Glišić M., Lazić M.: Application of Mathematical Methods While Discovering and Defining Optimal Solutions for Architectural Projects and Construction Subsystems. Congress C.I.B., Washington, USA, 1986.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Мр Јана А. Липковски рођена је 1979. год. у Београду, где је завршила основну и основну музичку школу, затим Пету београдску гимназију (природно-математички смер). Године 1998. уписује Архитектонски факултет у Београду и уједно конкурише на Универзитету у Штутгарту, Факултет за архитектуру и урбанизам, где бива примљена од октобра 1998. Петогодишње студије на Факултету за архитектуру и урбанизам са конструктивним тежиштем завршила је 2004. године са просечном оценом 2,0 по скали оцењивања у СР Немачкој (одговара 9,0), а дипломирала је са оценом 1,7 (по скали оцењивања у СР Немачкој) на тему: „*Реконструкција Зеленог Венца у Београду – откривање простора нијацие мембранском конструкцијом*“ и стекла звање дипломираног инжењера архитектуре. Године 2005. нострификовала је диплому на Универзитету у Београду.

Као стипендиста DAAD-а у оквиру Пакта за стабилност југоисточне Европе уписала је мултидисциплинарне постдипломске студије „Computational Engineering“ школске 2005/2006. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду и 2013. одбранила магистарску тезу под насловом: „*Form-finding and Modeling of Membrane Structures based on Minimal Surfaces*“.

У оквиру досадашњег научног ангажмана кандидат је проучавала прорачунске моделе и понашање тензилних (претходно затегнутих) конструкција изучавајући рачунске и експерименталне методе како за добијање почетне геометрије, тако и за понашање ових конструкција под спољним оптерећењем. Учешћем у интернационалним радионицама везаним за тензилне конструкције, кандидат се упознала и са применом различитих метода рачунских и експерименталних метода у моделовању и пројектовању мембранских конструкција.

Након завршетка редовних студија сарађује са фирмом ТЕНДАМОНТ из Београда приликом идејног разрешавања, пројектовања и извођења неколико привремених мембранских конструкција у Србији. Такође сарађује са фирмом ИЗОЛИНВЕСТ из Београда на идејном решењу покретног мембранског крова Летње позорнице у Нишу.

Од 2005. запослена у звању саветника у Заводу за унапређивање образовања и васпитања Републике Србије, где ради на иновацији Стандарда простора и опреме за васпитно-образовне објекте и њиховим усаглашавањем са стандардима који се примењују у ЕУ. Као саветник сарађује на бројним пројектима планирања и изградње школских

објеката (ОШ „Милоје Васић“ у Калуђерици, 2008-2010, ОШ „Јован Ристић“ у Борчи, 2008-2010, ОШ „Петар Враголић“, Љубовија и др.).

Од 2007. спољни сарадник атељеа за архитектонске моделе и прототипове Florian Weinmann, Штутгарт – Београд, где је учесник бројних пројеката израде урбанистичких и конкурсних модела, као и експерименталних модела за мембранске кровове.

Од 2013. спољни сарадник архитектонског бироа NP Architekten, Гепинген – Београд, са којим учествује у 1. фази реконструкције зграде конзулата СР Немачке у Београду, као и у разradi идејног и главног пројекта за основну школу у Гингену, СР Немачка.

Учесник је међународне радионице „Textile Roofs“ у Берлину, СР Немачка, као и бројних међународних конференција и семинара за лаке носеће конструкције и текстилну архитектуру. Сарађује са произвођачем софтвера за дизајн и статичку анализу мембранских конструкција EASY, Technet GmbH, СР Немачка за време израде магистарског рада и за време израде докторске дисертације.

Од 2009. члан је Инжењерске коморе Србије, лиц. бр. 300J17310.

Говори енглески и немачки језик.

Удата је и мајка троје деце.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација мр Јане Липковски **„Оптималност примене нумеричких метода одређивања почетне и деформисане геометрије мембранских конструкција“** изложена је на 145 стране, има укупно 23473 речи, 64 илустрације (58 слика и 6 табела) и 3 прилога. У делу који претходи нумерисаном делу рада дати су захвалност аутора, резиме на српском и енглеском језику и садржај, на 12 страна пре основног текста рада. Основни текст дисертације дат је на 129 стране, иза којих следе попис литературе и извора илустрација на 4 стране. Биографија кандидата дата је након рада.

Рад је структуриран у 6 целина: 1. Увод, 2. Тензилне конструкције – историјат, преглед и типологија, 3. „FORMFINDING“ – генеза геометрије тензилних конструкција, 4. Анализа генерисаних геометрија на типским примерима, 5. Поређење софтверских пакета за формфајндинг са аспекта уграђених метода и њихове ефикасности, компатибилности, приступачности и економичности, 6. Закључак и препоруке, које садрже 18 глава са укупно 26 поглавља, систематизованих у садржају кога наводимо:

РЕЗИМЕ

1. УВОД

- 1.1 Тема
- 1.2 Циљ
- 1.3 Методологија

2. ТЕНЗИЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ - Историјат, преглед и типологија

- 2.1. Историјат развоја мембранских конструкција и конструкција од челичних каблова

- 2.2. Принцип на коме почивају претходно затегнуте мембранске конструкције – принцип минималне површи
- 2.3. Специфичности тензилних конструкција
- 2.4. Типологија и категоризација мембранских конструкција и челичних мрежа

3. **„FORMFINDING“ – генеза геометрије тензилних конструкција**

- 3.1. Опште карактеристике генезе геометрије „FORMFINDING“ – при пројектовању – геометрија минималне површи
- 3.2. Најчешће методе генерисања почетне геометрије тензилних конструкција – хронологија, карактеристике, формулација, примене
 - 3.2.1. Метода густине силе (енг. Force density method)
 - 3.2.2. Стратегија ажурирања референтног положаја са хомотопским пресликавањем (енг. Updated Reference Strategy with Homotopy Mapping)
 - 3.2.3. Метода динамичке релаксације (енг. Dynamic relaxation)
 - 3.2.4. Методе матрице крутости (Stiffness Matrix Method - SM)
- 3.3. Сличности и разлике представљених метода
- 3.4. Досадашња поређења метода у стручној литератури

4. **Анализа генерисаних геометрија на типским примерима**

- 4.1. Избор типских примера и метода за анализу
 - 4.1.1. Дефинисање облика, степена комплексности, броја чворова, типа мреже, граничних услова
 - 4.1.2. Коришћене методе
 - 4.1.3. Директно нелинеарно итеративно решење проблема за налажење геометрије минималне површи (сапунске мембране)
- 4.2. Резултати формфајндинга

5. **Поређење софтверских пакета за формфајндинг са аспекта уграђених метода и њихове ефикасности, компатибилности, приступачности и економичности**

- 5.1. Поређење софтверских пакета за формфајндинг са аспекта генерисане геометрије
- 5.2. Поређење резултата добијених под утицајем спољног оптерећења
- 5.3. Дефинисање критеријума
- 5.4. Поређење софтверских пакета – Табеларни и графички прикази

6. **Закључак и препоруке**

- 6.1. Анализа и дискусија резултата истраживања
- 6.2. Препоруке за архитекте и инжењере

Садржај прилога:

ПРИЛОГ 1 – Теорија деформације I, II и III реда

ПРИЛОГ 2 – Експериментални формфајндинг - физичко моделирање

ПРИЛОГ 3 – Програмски код за генерисање минималне површи у софтверу Mathematica®

- I. Извор илустрација
- II. Литература
- III. Биографија аутора
- IV. Захвалност

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Дисертација је структурирана у четири основна дела.

У **уводном делу** представљен је истраживачки оквир дисертације са историјатом и развојем предмета истраживања. Успостављена је теоријска веза између геометрије мембранских конструкција и геометрије минималних површи односно сапунске мембране. Дата је типологија мембранских конструкција са могућим геометријским варијацијама, ради увођења читаоца у проблематику генезе геометрије ових конструкција.

Први део рада састоји се од три поглавља: Најчешће методе генерисања почетне геометрије тензилних конструкција – хронологија, карактеристике, формулација, примене; Сличности и разлике представљених метода, Досадашња поређења метода у стручној литератури.

У овом делу уводи се појам „формфајндинг“ по којем се постулат у пројектовању формулисан крајем 19. и почетком 20. века од стране архитеката класичне Модерне и њихових претходника „*form follows function*“, трансформише у постулат формулисан у другој половини 20-тог века на којем се базирају и тензилне конструкције „*form follows force*“. Ова премиса захтева од пројектанта и дизајнера познавање статичких перформанси које ће конструкција морати да испуни, као врховну заповест приликом архитектонског дизајна конструкције и генезе њене геометрије. Приказане су методе које се најчешће користе за генезу и оптимизацију геометрије тензилних конструкција (примењивих у оптимизацији и на других видава конструкција) са теоријском подлогом. Ревизијално су представљена и досадашња истраживања на тему ефикасности и оптималности примене ових нумеричких метода.

Други део рада састоји се од 2 поглавља: Анализе генерисаних геометрија на типским примерима и Поређење софтверских пакета за формфајндинг са аспекта уграђених метода и њихове ефикасности, компатибилности, приступачности и економичности.

У овом делу рада се упоредно анализују различите методе на основу генерисане геометрије пажљиво одабраних типских примера, који су чести у примени ових конструкција. Притом се пореде методе имплантиране у комерцијални софтвер са геометријом минималне површи, која је добијена програмом програмираним од стране аутора. Затим се међусобно пореде и резултати добијени у више комерцијалних софтвера генерисани различитим методама формфајндинга.

На крају овог дела рада дат је преглед најчешћих метода, као и софтвер у који су имплементирани са табеларним приказима перформанси и карактеристика ових софтверских пакета.

У **Закључку и препорукама** се сумирају резултати рада и отварају питања за нова истраживања. Такође се знања стечена у оквиру истраживачког рада резимирају у виду стручних препорука пројектантима који се баве претходно затегнутим конструкцијама приликом одабира и примене софтверских пакета за формфајндинг и статичку анализу истих. Резултати истраживања о ефикасности и оптималности рачунских метода везаних за пројектовање и статичку анализу тензилних конструкција су од помоћи при имплементацији ових конструкција у грађевинске токове у региону.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација се бави истраживањем чија је проблематика савремена и актуелна. На почетку дисертације приказане су и анализирание подробно и систематски све до сада признате нумеричке методе за пројектовање и формфајндинг претходно затегнутих, мембранских конструкција, док се у другом делу представљају резултати до сада недовољно истражене области у националној научној јавности.

Ова дисертација, као оригинално и изворно научно истраживање, бави се оптималношћу и ефикасношћу признатих нумеричких метода за формфајндинг и статичку анализу мембранских (као и других тензилних) конструкција. Користећи се теоријском грађом у првом делу рада, приказују се и савремена истраживања из ове области вршена у свету. У другом делу рада, на основу анализе резултата формфајндинга на основу често коришћених типских примера врши се и упоредна анализа комерцијалног софтвера за различите кориснике.

Научну оправданост истраживања и оригиналност дисертације потврђује и чињеница да проучавање ове теме, кроз детаљно испитивање релевантних истраживања и чињеница није било предмет синтетичких студија које се баве блиским темама у региону.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у оквиру докторске дисертације, а и претходећих магистарских студија на Грађевинском факултету, користила обимну литературу, тако да је дисертација заснована на широком спектру литературе која се бави изабраном темом. Литература се може поделити на примарну и секундарну, као и на онлајн-изворе.

Примарна литература сачињена је од монографија, књига и уџбеника које се баве темом мембранских конструкција и њихове геометрије од самог њиховог зачетка и почетка њихове примене средином 20-тог века.

У ту врсту литературе се убрајају и саопштења Института за лаке носеће конструкције у Штутгарту који је основао и њиме руководио Фрај Ото у периоду првих експеримената са моделима од сапунице и првих истраживања на којима се темеље лаке носеће конструкције и данас као и монографија Фраја Отоа и др. под насловом „Seifenblasen, Forming Bubbles“. У ту прву врсту се убрајају и дела Хорста Бергера „Light Structures – structures of light: the art and engineering of tensile architecture“ као прекоокеанског пионира у истраживању и примени мембранских конструкција и саоснивача фирме BIRDAIR Inc. Типологија и феноменологија тензилних конструкција одлично је структурирана и образложена у делима немачких аутора Ханс Енгела „Tragsysteme – Structure Systems“ и Ралфа Хелера „FormFindung: architektonische Grundlagen für den Entwurf von mechanisch vorgespannten Membranen und Seilnetzen“. Нажалост, ни једна од наведених књига није преведена на српски језик, тако да је аутор дисертације уједно и преводилац одређених делова који су коришћени у истраживању. Математичке основе теорије минималних површи (површи сапунске мембране) дао је Осерман у данас већ класичном делу „A Survey of Minimal Surfaces“. Радови бројних савремених домаћих аутора су такође коришћени у склопу примарне литературе.

Секундарна литература сачињена је од бројних онлајн публикација, научних радова и књига који се баве ужом темом докторске дисертације – нумеричким методама за

формфајндинг мембранских конструкција, њиховом оптималношћу као и њиховом имплементацијом у комерцијални софтвер.

Из ове подгрупе издвајамо Сиева и Еиделмана: „Stress analysis of prestressed suspended roofs“ (1964), затим Аргириса, Ангелопулоса и Биша: „A General Method for the Shape Finding of Lightweight Tension Structures“ (1974), затим докторску дисертацију Барнса као аутора једне од анализираних метода формфајндинга: “Form finding and analysis of tension space structure by dynamic relaxation“ (1977) и “Formfinding and Analysis of Prestressed Nets and Membranes“ (1988). Мора се поменути и аутор Ханс-Јирген Шек који је аутор методе густине силе коју је први пут представио у „The force density method for form finding and computation of general networks“ (1974).

У ову групу се убраја и чланак Ванде Луис под насловом „Tension Structures – Form and Behaviour“ (2003) у којој су опширно представљене рачунске методе за формфајндинг и статичку анализу тензилних конструкција, а уједно је дато и једно од првих поређења ефикасности одређених метода.

Поред наведених, коришћени су и савремени научни радови новијег датума из ове области, као на пример рад Вихнера и Блецингера : „Stress-adapted numerical form finding of pre-stressed surfaces by the updated reference strategy“ (2005) и истраживања Венендала и Блока „An overview and comparison of structural form finding methods for general networks“ (2012).

Онлајн извори коришћени су најчешће за прикупљање актуелних података о пројектима и изведеним објектима, који су били неопходни за израду дисертације, као и за прикупљање бројних илустрација на које се ослања дисертација и које поткрепљују њену савременост и основне тезе.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У склопу дисертације коришћено је више научних метода истраживања.

У првом делу рада, који се бави историјом, феноменологијом и типологијом мембранских конструкција коришћен је метод анализе грађе, којим се упознају карактеристике конструкција и ствара основа за истраживање. При томе аутор у првом делу дисертације углавном користи примарне изворе литературе, која је састављена од бројних монографија, уџбеника и публикација које се баве развојем и историјом мембранских конструкција, њиховим општим карактеристикама и експерименталном приступу.

Затим се у наставку користи упоредна метода, ради описивања и објашњавања досадашњих истраживања на задату тему, као и ради појашњавања на којим принципима се базирају истраживане нумеричке методе за формфајндинг и статичку анализу мембранских конструкција.

Метода посматрања користи се у централном делу истраживања, када аутор на пажљиво одабраним типским примерима, који су често примењивани и у пракси пројектовања мембранских конструкција, врши испитивање резултата формфајндинга методама наведеним у првом делу рада.

У последњем делу истраживања поново се користи упоредна метода, којом се врши вредновање софтверских пакета у којима су имплементирани горе наведене методе.

Поред свега наведеног, примењена је аналитичка класификација и систематизација знања, а у последњем делу, у којем се изводе закључци и формулишу препоруке за пројектанте, извршена је интерпретација резултата истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Искуства и знања стечена у току овог истраживања примењива су у различитим областима: у научно-истраживачком раду и високошколској настави архитектуре, а и у практичним областима, пре свега пројектовања мембранских и других тензилних конструкција, као и статичкој анализи истих.

Методологија коришћена у склопу рада прати савремени мултидисциплинарни приступ у изучавању сложених појава из области лаких грађевинских конструкција, онакав мултидисциплинаран приступ какав су имали Фрај Ото и његови сарадници, приступ који је омогућио имплементацију и примену њихових експеримената у грађевинску праксу.

Очекује се да ова дисертација допринесе бољем разумевању принципа на којима се базирају ове врсте конструкција код пројектаната и инвеститора. Такође се очекује и олакшавање одабира начина, методе и софтвера приликом формфајндинга у процесу пројектовања мембранских конструкција, као и бољој и лакшој имплементацији лаких носећих конструкција уопште у региону југоисточне Европе, а посебно у Србији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат мр Јана А. Липковски показала је да поседује способност за самостални научно-истраживачки рад, систематичност и савесност приликом прикупљања грађе, анализирању литературе и повезивању новостечених са претходно стеченим знањима. Кандидат је показала и систематичност приликом обраде података, информација и резултата, као и способност логичког размишљања и закључивања. У склопу дисертације, кандидат је показала да влада употребом научних метода истраживања, користећи критичке анализе, анализе садржаја извора, студије случаја, компаративне анализе, синтезе и интерпретације резултата. У дисертацију је уткано и вишегодишње искуство кандидата у пројектовању мембранских конструкција различитим методама, као и вишегодишње искуство са различитим софтверским пакетима који се користе у ову сврху.

У склопу дисертације кандидат наставља вишегодишњи научни рад, започет у својству стипендисте ДААД-а на последипломским студијама Грађевинског факултета. Учешће на бројним научним и стручним скуповима, са већим бројем до сада објављених радова у научним публикацијама и домаћим и међународним часописима, резултат су досадашњих истраживања везаних за тему дисертације и доказ су способности кандидата Јане А. Липковски за успешно бављење самосталним научно-истраживачким радом. Досадашња истраживања која је аутор спроводила су добра подлога за истраживања у оквиру докторске дисертације јер је управо искуство са различитим методама моделирања мембранских конструкција од пресудне важности за процену оптималности метода које се упоређују.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни допринос се огледа у томе што су по први пут у Србији и ширем региону свеобухватно прикупљена, анализована, систематизована и тумачена кретања савремених истраживања из припадајуће научне области, односно уже гледано из области лакших конструктивних система, тј. тензилних конструкција. Кроз мултидисциплинарно истраживање које обухвата области математике, информатике (програмирања), механике и отпорности материјала, затим архитектонског пројектовања и CAD-моделирања приказани су и систематизовани резултати скоријих међународних истраживања на ову тему. Уједно је са интердисциплинарне тачке гледишта систематизована грађа, приказана релевантна истраживања, и затим извршена компарација резултата добијених применом различитих метода формфајндинга на типским примерима. У овој дисертацији је по први пут на исцрпан и научно утемељен начин обрађена актуелна тема софтверског формфајндинга мембранских конструкција и извршено поређење софтверских пакета базираних на различитим методама, који су у комерцијалној употреби и широког спектра примене у свету.

Очекује се да ова дисертација допринесе побољшању будућег конципирања, пројектовања и статичке анализе мембранских конструкција у Србији и региону, а самим тим и да утиче на инвеститоре, да би се чешће и лакше опредељивали за овај вид конструкција, које су свуда у свету опште прихваћене и изједначене са другим видовима конструкција и које уживају вишеструку примену и велики углед. Дисертација која се бави питањем ефикасности и оптималности рачунских метода везаних за пројектовање и статичку анализу тензилних конструкција биће од помоћи при имплементацији ових конструкција у грађевинске токове у Србији и региону.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У докторској дисертацији су први пут дефинисане најважније карактеристике и аспекти ефикасности и оптималности рачунских метода за одређивање почетне геометрије (формфајндинг) претходно затегнутих, мембранских конструкција као и упоредна анализа софтверских пакета у које су те методе имплементирани. Дисертација нуди смернице за квалитетно пројектовање и планирање мембранских конструкција, као и за одабир софтвера и методе формфајндинга који оптимално одговарају сваком кориснику. Притом се врши поређење геометрије, тј. резултата формфајндинга на бројним типским примерима. Почетна геометрија мембранских конструкција утиче и на понашање конструкције под спољним оптерећењем. У анализи оптималности узете су у обзир постојеће анализе и поређења поменутих метода вршена у свету. Дефинисани су објективни критеријуми за поређење метода да би се дошло до релевантних резултата на основу којих је кандидат дошао до закључака о оптималности примене нумеричких метода и препорука за пројектанте и инжењере који се баве овом облашћу.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија M23

Липковски Ј., Липковски А.: Form-finding software and minimal surface equation: a comparative approach. FILOMAT, 2015, 29:10, ____-____ (ISSN 0354-5180, IF2014 0,638) (у штампима, веб страна www.pmf.ni.ac.rs/pmf/publikacije/filomat/filomat_pocetna.php)

Категорија M51

Липковски Ј., Пенава Д.: Program for Calculation of a deflection of a uniform loaded square plate using Gauss-Seidel method for solution of Poisson differential equation. Facta Universitatis: Series Architecture and Civil Engineering, 2008, 6(2), 199-205 (ISSN 0354-4605)

Категорија M53

Липковски А., Липковски Ј.: Хармонија и асиметрија у геометрији и архитектури. Флогистон, 1998, 7, 261-278 (ISSN 0354-6640)

Категорија M33

Липковски Ј., Weinmann F.: Decision making process in formfinding and modelling of membrane structures – case study of the Bajloni marketplace in Belgrade, Serbia. XXIV Symposium of International Association of Spatial and Shell Structures (IASS), Wroclaw, Пољска, 2013, Зборник симпозијума, Proceedings CD-ROM.

Категорија M34

1. Липковски Ј., Weinmann F.: Contemporary methodologies in formfinding and modelling of membrane-structures – case study of the Bajloni-marketplace in Belgrade, Serbia (постер презентација). Symposium Tensinet – Истанбул, Турска, мај 2013.

2. Липковски Ј., Weinmann F., Липковски А.: Minimal surfaces and form finding of architectural designs (усмена презентација). International Congress on Mathematics MICOM 2015, Атина, Грчка, септембар 2015.

3. Липковски Ј., Weinmann F.: A comparative analysis of force-density based form-finding software to minimal surface equation (постер презентација). International Conference on Computational and Experimental Science and Engineering (ICCESEN-2015), Анталија, Турска, октобар 2015.

Категорија M72

Липковски Ј.: Formfinding and Modelling of Membrane Structures based on Minimal Surfaces. Магистарски рад, Грађевински факултет Универзитета у Београду, 2013, 1-79

Категорија домаће изложбе из области архитектуре:

1. Липковски Ј, Илинчић Н.: Пројекат "Glass House". XXV Салон архитектуре, март-април 2003.
2. Липковски Ј.: Реконструкција Зеленог Венца у Београду. XXVII Салон архитектуре, март-април 2005.
3. Липковски Ј.: Студија случаја наткривања пијаце „Скадарлија“ мембранском конструкцијом. XXXV Салон архитектуре, март-април 2013.

Категорија остали релевантни радови:

1. Музеј "Max Ernst", Bühl, 2001, у сарадњи са архитектонским бироом Matthias Bauer, MBA/S Штутгарт, откупљен пројекат.
2. Art Position 2002, Изложба младе уметности, 2002, Беч, Аустрија, видео презентација пројекта "Скулптура светлости", prof. Herbert Traub
3. "Post ab", преуређење старе поште, 2002, интерни конкурс Факултет за архитектуру и урбанизам Универзитета у Штутгарту, Институт за стамбену изградњу, проф. Thomas Jocher.
4. "Pilkington Glass House", 2002, у сарадњи са дипл. инг. Наташом Илинчић.
5. Липковски Ј.: Реконструкција Зеленог Венца у Београду – наткривање простора пијаце мембранском конструкцијом. Дипломски рад, Факултет за архитектуру и урбанизам Универзитета у Штутгарту, октобар 2004.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације кандидата мр Јане Липковски, дипл. инж. арх. Комисија сматра да је дисертација написана у складу са одобреном темом и да су структура дисертације, примењена научна методологија, као и сви релевантни елементи у складу са пријавом теме на који је Универзитет у Београду дао своју сагласност. Дисертација у потпуности задовољава научне критеријуме, како у погледу квалитета и научне аргументације, тако и у погледу остварених резултата, као и применљивости за будућа истраживања. Имајући у виду све оцене изнете у овом Извештају, као и целокупан научни профил кандидата и до сада постигнуте научне резултате, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата мр Јане Липковски под називом „Оптималност примене нумеричких метода одређивања почетне и деформисане геометрије мембранских конструкција“ потпуно задовољава предвиђене услове и предлаже Наставно Научном Већу да кандидату мр Јани Липковски, дипл. инж. арх. Одобри и закаже јавну одбрану докторске дисертације.

У Београду, 24.11.2015.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
ментор
проф. др Милан Глишић, редовни професор у пензији, Архитектонски факултет
Универзитета у Београду

.....
доц. др Ружа Окрајнов Бајић, доцент Архитектонског факултета
Универзитета у Београду

.....
проф. др Ђорђе Вуксановић, редовни професор Грађевинског факултета,
Универзитета у Београду