

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
кандидата Александра Анђелковића

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p>Решење Декана Факултета техничких наука број: 012-119/41-2013 од 29. јануара 2015. године.</p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Председник: Др Илија Ћосић, редовни професор, УНО - Производни системи, организација и менаџмент, изабран 15.11.1993. године на Факултету техничких наука у Новом Саду,2. Члан: Др Радивоје Бјелаковић, редовни професор у пензији, УНО - Термоенергетика и термотехника, изабран 13.04.2004. године на Факултету техничких наука у Новом Саду,3. Члан: Др Братислав Благојевић, редовни професор, УНО - Термотехника, термоенергетика и процесна техника, изабран 03.04.1998. године на Машинском факултету у Нишу,4. Члан: Др Властимир Радоњанин, редовни професор, УНО – Материјали у грађевинарству, процена стања и санација конструкција, изабран 29.05.2013. године на Факултету техничких наука у Новом Саду,5. Ментор: Др Бранка Гвозденац Урошевић, доцент, УНО - Инжењерство заштите животне средине, изабрана 07.10.2011. године на Факултету техничких наука у Новом Саду,6. Ментор: Др Душан Гвозденац, редовни професор, УНО - Термоенергетика и термотехника, изабран 25.05.1993. године на Факултету техничких наука у Новом Саду.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Александар (Синиша) Анђелковић</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>30.04.1981. године, Шабац, Србија</p>

3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Студијски програм: Енергетика и процесна техника, Усмерење: Топлотна техника, Стечени стручни назив: Дипломирани инжењер машинства - мастер;

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија
2008, Енергетика и процесна техника

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

МОДЕЛИРАЊЕ ЕНЕРГЕТСКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ДВОСТРУКИХ ВЕНТИЛИСАНИХ ФАСАДА

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација “**Моделирање енергетских карактеристика двоструких вентилисаних фасада**“ садржи укупно 230 страна, 6 поглавља, 134 наслова цитиране литературе, 29 табела и 159 слика. На почетку рада дати су наслов, кључна документација (на српском и енглеском језику), садржај, списак табела, списак слика, списак скраћеница и ознака, апстракт (на српском и енглеском језику) и захвалност, укупно 22 стране. Основни текст укључујући увод, предмет, циљ, хипотезе, алгоритам истраживања, преглед литературе, поставка експеримента, анализа измерених резултата, дефинисање, фино подешавање и потврђивање нумеричког модела, предлози и оцена оперативних и контролних стратегија, оправданост примене концепта и завршна разматрања и правци даљег истраживања садржи 208 страна. На крају сваког поглавља се налази преглед коришћене литературе по абecedном реду. Садржај докторске дисертације организован је у 6 поглавља и има следећу структуру:

- УВОД
ПРЕДМЕТ, ЦИЉ, ХИПОТЕЗЕ И АЛГОРИТАМ ИСТРАЖИВАЊА
1. ДВОСТРУКЕ ВЕНТИЛИСАНЕ ФАСАДЕ (ДВФ) - ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ
 2. ОПИС ИЗАБРАНОГ ОБЈЕКТА И ПОСТАВКА ЕКСПЕРИМЕНТА
 3. АНАЛИЗА ИЗМЕРЕНИХ РЕЗУЛТАТА
 4. ДЕФИНИСАЊЕ, ФИНО ПОДЕШАВАЊЕ И ПОТВРЂИВАЊЕ НУМЕРИЧКОГ МОДЕЛА ОБЈЕКТА
 5. ПРЕДЛОЗИ И ОЦЕНА СЕЗОНСКИХ ОПЕРАТИВНИХ И КОНТРОЛНИХ СТРАТЕГИЈА - ОПРАВДАНОСТ ПРИМЕНЕ КОНЦЕПТА ДВФ
 6. ЗАВРШНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ ДАЉЕГ ИСТРАЖИВАЊА

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

УВОД, ПРЕДМЕТ, ЦИЉ, ХИПОТЕЗЕ И АЛГОРИТАМ ИСТРАЖИВАЊА

У уводном разматрању је на јасан, концизан и прецизан начин дат садашњи преглед стања са кратким освртом на будуће трендове развоја у сектору зградарства. Извршена су општа разматрања, дефинисање предмета, циљева, хипотеза и доприноса уз образложења о потребама и значају истраживања. Уводни део садржи кратак осврт на коришћене научне методе уз приказ детаљног алгорита истраживања.

Позитивна оцена комисије

1. ДВОСТРУКЕ ВЕНТИЛИСАНЕ ФАСАДЕ (ДВФ) - ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

У првом поглављу дат је исцрпан и детаљан преглед досадашње литературе и праксе. Приказан је историјски развој, дефиниција, класификација и остале карактеристике концепта двоструких вентилисаних фасада (ДВФ). Такође, урађен је систематски преглед оцена досадашње примене концепта уз осврт на главне предности и недостатке. Критичким освртом на преглед литературе везане за моделирање и оцену енергетских перформанси ДВФ, наговештен је пут којим ће се истраживање реализовати. На крају поглавља приказан је пресек стања и примери изграђених објеката са ДВФ у Србији.

Позитивна оцена комисије

2. ОПИС ИЗАБРАНОГ ОБЈЕКТА И ПОСТАВКА ЕКСПЕРИМЕНТА

Друго поглавље даје детаљан опис и приказ изабраног објекта и поставку експеримента. Први део приказује неопходне информације везане за климатске услове у којима се експеримент изводи. Прегледом пројектне документације посматраног објекта "VIG Plaza" у Београду, издвојени су сви потребни подаци везани за карактеристике делова фасаде, пројектни услови, информације о постојећим КГХ системима, радни услови и сл. Након тога, до детаља је приказана процедура поставке експеримента уз описе изабраних техника мерења. Сликовито су приказана сва мерна места са прегледом параметра који се мере. Дефинисани су интервали мерења за сваки параметар и дата је детаљна спецификација коришћене мерне опреме и инструмената.

Позитивна оцена комисије

3. АНАЛИЗА ИЗМЕРЕНИХ РЕЗУЛТАТА

У трећем поглављу анализирани су гранични услови који се прате. У уводном делу описани су тренутни метеоролошки услови на објекту и гранични услови у фасади у току целокупног интервала мерења. Дефинисан је и представљен нов методолошки приступ анализе резултата и оцене ефективности ДВФ. Након тога извршена је анализа измерених резултата у сва три режима мерења (зимски, прелазни и летњи режим). Типични резултати претходно описаног експеримента анализирани су у циљу добијања реалне слике и понашања ДВФ у зависности од тренутних метеоролошких услова. Циљ мерења, поред сагледавања утицаја ДВФ објекта у реалном времену, био је и прибављање података неопходних за фино подешавање, "калибрацију", будућег енергетског модела зграде. Велики број постављених сензора, као и дуг временски период самог мерења, омогућио је детаљну анализу дистрибуције температуре и брзине ваздуха унутар

посматраног дела омотача објекта. На тај начин креирани су дијаграми вертикалног градијента и хоризонталног тренда температуре за све режиме и делове дана, дијаграми зависности брзине струјања ваздуха у међупростору од сунчевог зрачења, спољашње температуре, брзине и смера ветра. На крају поглавља изнесени су закључци о спроведеним мерењима.

Позитивна оцена комисије

4. ДЕФИНИСАЊЕ, ФИНО ПОДЕШАВАЊЕ И ПОТВРЂИВАЊЕ НУМЕРИЧКОГ МОДЕЛА ОБЈЕКТА

Четврто поглавље односи се на формирање нумеричког модела постојећег објекта са ДВФ, његово фино подешавање и потврђивање. У уводном делу до детаља су методолошки описани поступци финог подешавања и потврђивања формираног нумеричког модела. Изабран је метод и програм за енергетску симулацију уз детаљан опис и разлоге за овај избор (EnergyPlus+ AirFlow Network). Након тога приказани су резултати потврђивања нумеричког модела путем изабраних статистичких индикатора. За потврђивање коришћени су резултати мерења и симулација за температуре површина унутрашњег дела стакла придодатог слоја ДВФ, температуре површина спољашњег дела прозора основног слоја ДВФ, температуре површина спољашњег дела парапета основног слоја ДВФ, температуре и брзине струјања ваздуха у међупростору ДВФ у сва три режима. На крају поглавља донесени су закључци о извршеном потврђивању нумеричког модела.

Позитивна оцена комисије

5. ПРЕДЛОЗИ И ОЦЕНА СЕЗОНСКИХ ОПЕРАТИВНИХ И КОНТРОЛНИХ СТРАТЕГИЈА - ОПРАВДАНОСТ ПРИМЕНЕ КОНЦЕПТА ДВФ

У петом поглављу на основу потврђеног модела из поглавља 4, формиран су нови, унапређени нумерички модели објекта са ДВФ. На избор предлога сезонских и контролних оперативних стратегија утицали су пре свега резултати спроведених мерења и досадашња позитивна искуства из праксе. Такође, детаљно су описани начини формирања нових модела. Добијени резултати спроведених симулација, приказани су упоредном анализом између свих модела уз оцене остварених уштеда. Како би се, са енергетског аспекта, оценила оправданост примене концепта ДВФ у условима умерене климе, извршена је компаративна анализа резултата симулација модела са ДВФ и модела са традиционалном фасадом. Приказана је и анализа осетљивости промене оријентације ДВФ и упоредна анализа специфичне годишње потрошње топлотне енергије модела са ДВФ и одговарајућих изграђених објеката у Европи. На крају поглавља изнесен је став о оправданости примене концепта ДВФ у климатским условима умерено континенталне климе.

Позитивна оцена комисије

6. ЗАВРШНА РАЗМАТРАЊА И ПРАВЦИ ДАЉЕГ ИСТРАЖИВАЊА

Поглавље шест представља преглед најзначајнијих закључака и резултата докторске дисертације. Констатације приказане у закључку указују на потврђивање хипотеза претпостављених на почетку истраживања. Истакнут је значај експеримента и нове методологије анализе као главних доприноса дисертације. Приказани су закључци

формирања, финог подешавања и потврђивања модела објекта са ДВФ, односно да добијени резултати симулација представљају добро предвиђање реалних (измерених) вредности. Образложен је коначни закључак да је примена концепта ДВФ оправдана у енергетском смислу у климатском подручју Београда и сличним климатским подручјима и да је она још значајнија у случају примене одговарајућих сезонских оперативних стратегија. За крај представљени су правци даљег истраживања у овој области.

Позитивна оцена комисије

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Радови објављени у часописима са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку:

1. **Анђелковић, А.** Гвозденац-Урошевић, Б. Кљајић, М. Игњатовић, М: Experimental research of the thermal characteristics of a multi-storey naturally ventilated double skin facade, Energy and Buildings (Elsevier), January 2015, Vol. 86, стране 766-781 (M21)
2. **Анђелковић, А.** Цвјетковић, Т. Ђаковић, Д. Стојановић, И: The development of simple calculation model for energy performance of double skin façades, Thermal Science, Vol. 16, Suppl. 1, стране S251-S267 (2012) (M23)
3. Ченејац, А. Бјелаковић, Р, **Анђелковић, А.** Ђаковић, Д: Covering of the heating load of object by using ground heat as a renewable energy source, Thermal Science, Vol. 16, Suppl. 1, стране S225-S235 (2012) (M23)

Радови објављени у домаћим часописима са листе министарства надлежног за науку:

1. Мујан, И. **Анђелковић, А.** Бјелаковић, Р: Integrated Approach to Building Design – an Example of a Preliminary Design of „Drake Well“ Museum, Titusville, PA, USA, Scientific and Professional Journal for Air-Conditioning, Heating and Refrigeration (KGH), ISSN 0305-1426, Vol 41, број 2/2012, COBISS.SR-ID 4614402, стране 75-82 (M51)
2. **Анђелковић, А.** Петровић, Ј. Кљајић, М. Ђаковић: Implementation of ISEGE/ISEMIC model on Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Instalatorul (Romanian magazine for heating, ventilation, sanitary, gas installations), број 8/2012, ISSN 1223-7418, стране 28-33 (M51)
3. Петровић, Ј. **Анђелковић, А.** Кљајић, М. Ђаковић, Д.: Примена модела ISGE/ISEMIC на Факултету техничких наука у Новом Саду, Scientific and Professional Journal for Air-Conditioning, Heating and Refrigeration (KGH), ISSN 0305-1426, Vol 42, број 1/2013, COBISS.SR-ID 4614402, стране 61-68 (M51)
4. Цолев, Н. Костић, Б. Надашки, М. **Анђелковић, А.**: Остварене уштеде и неискоришћени потенцијал досадашњом применом обрачуна и наплате топлотне енергије на основу мерења, на примеру топлана учесница пројекта KfW4 у Србији, Scientific and Professional Journal for Air-Conditioning, Heating and Refrigeration (KGH), ISSN 0305-1426, Vol 43, број 4/2014, COBISS.SR-ID 4614402, стране 39-47 (M51)

Радови објављени у зборницима радова међународних конференција:

1. Кљајић, М. Гвозденац, Д. Петровић, Ј. **Анђелковић, А:** "Governance of Energy Transition of Non-Residential Buildings by Policy Intervention" 16th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Соко бања, Србија, 22-25.10. 2013. (странице 580-587, ISBN 978-86-6055-043-1) (М33)
2. Мујан, И. **Анђелковић, А.** Петровић, Ј. Кљајић, М: " Energy Systems and Their Use in Public Sector in Autonomous Province of Vojvodina" 16th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Соко бања, Србија, 22-25.10. 2013. (странице 588-594, ISBN 978-86-6055-043-1) (М33)
3. Игњатовић, М. Благојевић, Б. Стојиљковић, М. Стојиљковић, М. **Анђелковић, А:** Primary energy consumption during heating season of an office building with attached double skin facade, 11th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technologz DEMI 2013, University of Banja Luka, Faculty of Mechnaical Engineering, 30.05 – 01.06. 2013. Бања Лука, БИХ (ISBN 978-99938-39-46-0; COBISS.BH-ID 3729176; странице 765-774) (М33)
4. **Анђелковић, А.** Петровић, Ј. Спасојевић, М: Heat supply safety in district heating systems of Vojvodina, The 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2011), Phuket, Thailand, 2-3.05.2011. (странице 803-808) (М33)
5. **Анђелковић, А.** Ђаковић, Д: Double skin facades – definition and concept, historical development, advantages and disadvantages, 15th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Соко бања, Србија,, 18–21.10.2011. (странице 638-648, ISBN 978-86-6055-018-9) (М33)
6. Мујан, И. **Анђелковић, А.:** Selection of passive and renewable energy systems applied on a housing estate, 19th International Conference: Installations for construction and environmental comfort, Timisoara, Romania, 15-16. 04.2010, ISSN 1842-9491 (странице 81-88) (М33)
7. **Анђелковић, А.** Бјелаковић, Р. Њерш, А: Techno-economical analysis for heat pump application (Example of hotel „Vinski dvor“ Hajdukovo), 40th International Congress and Exhibition on Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, Београд, Србија, 2-4.12.2009, ISBN 987-86-81505-50-2 (странице 159-167) (М33)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Спроведеним истраживањем испитана је, на експерименталан и нумерички начин, примена концепта ДВФ. Дисертација пружа одговоре на кључна питања и баријере који могу бити пресудне у даљем развоју и промоцији концепта ДФВ. Резултати су показали да примењени модели дају могућност за уштеду, неки у већој, а неки у мањој мери. Такође треба напоменути, да у току краћих екстремних сезонских периода (високе спољашње температуре, интензивно сунчево зрачење и снажни ветар), постоји оправдана сумња, која је поткрепљена експерименталном анализом, да се потрошња енергије може и повећати.

Закључак формирања, финог подешавања и потврђивања модела објекта са ДВФ јесте да добијени резултати симулација представљају добро предвиђање реалних (измерених) вредности. Стога, овако фино подешен (калибрисан) модел је високо поуздан у смислу будућих оцена термичких перформанси објекта са ДВФ. Такође треба напоменути, да и поред непостојања стандарда или смерница за верификацију температура и брзина, објективно гледано поузданост модела је добра у смислу добијених вредности предложених статистичких индикатора. На овај начин потврђене су прве две хипотезе спроведеног истраживања.

Коначни закључак је да је примена концепта ДВФ у климатском подручју Београда оправдана са енергетског гледишта и да је она још значајнија у случају примене одговарајућих сезонских оперативних стратегија. Ово потврђује и постављену хипотезу истраживања.

Као главни закључци спроведеног истраживања могу се навести следеће чињенице:

- ефикасност ДВФ у највећој мери зависи од тренутних метеоролошких услова и начина оперативног коришћења;
- експериментално је потврђено да ДВФ штите и у највећој мери елиминишу негативне ефекте снажног ветра и интензивног сунчевог зрачења;
- експериментално и нумерички потврђено је да концепт ДВФ омогућава висок степен добро регулисаног природног проветравања, поготову у прелазном и ноћном периоду;
- међупростор ДВФ се може ефикасно користити као безбедан простор за предгревање ваздуха (зимски режим), или као простор за природно проветравање (прелазни и летњи режим);
- нумерички модели објекта са ДВФ у процесу потврђивања, дају веома добре статистичке индикаторе - верификован модел;
- енергетски гледано, примена концепта ДВФ у климатској области града Београда је оправдана и доноси (за предложене сезонске оперативне стратегије) процентуалне енергетске уштеде у износу од 28% за грејање, односно 23% за хлађење у односу на традиционални тип фасаде;
- финансијски аспект није анализиран у оквиру овог истраживања, али на основу досадашње праксе, добар део повећаног инвестиционог улагања се може компензовати кроз мање захтеве топлотних губитака и добитака објекта, односно јефтиније КГХ инсталације.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Имајући у виду дефинисан предмет, циљеве и хипотезу истраживања, добијени резултати су јасно, детаљно, логички, систематско и методолошки доследно изведени, приказани и интерпретирани. Резултати су целовито и доследно тумачени и анализирани и јасно резимирани у закључку. Приказ и тумачење резултата истраживања је високостручан и разумљив. На основу свега изложеног, комисија позитивно оцењује поднети текстуални део докторске дисертације.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Дисертација кандидата Александра Анђелковића је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

На основу приказаног садржаја, методологије, резултата и закључака ове дисертације, Комисија констатује да она представља заокружен, самосталан, истраживачки рад, јасно концептиран, изложен и анализиран. Дисертација садржи све неопходне и битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Разматрајући докторску дисертацију кандидата Александра Анђелковића, Комисија закључује да докторска дисертација представља оригиналан научни допринос истраживању и пракси примене концепта ДВФ.

Научна новина овог истраживања састоји се у комплексној анализи експерименталних, методолошких и практичних аспеката примене концепта ДВФ, као и разради конкретне ауторске методологије за примену оцена ефикасности ДВФ при њиховом експерименталном истраживању.

Теоријски значај овог истраживања састоји се у систематичном приказу актуелних истраживања и практичне употребе концепта ДВФ и процени оправданост примене за климатску зону умерено континенталне климе.

Такође, допринос науци ове дисертације је и формирање, развој и потврђивање предложених оперативних и контролних стратегија. Треба нагласити да је примењена методологија универзална и може се, уз адекватне корекције, применити у различитим климатским условима, док добијени резултати осликавају потрошњу енергије само за умерено континенталну климу.

Приказани модел пружа одличне могућности анализе изабраних термичких карактеристика ДВФ и вредности енергетских токова. На основу овога стичу се веома добре могућности за доношење правих одлука о томе, која и када је контролна стратегија одговарајућа са аспекта уштеде енергије. У пракси је чест случај недовољног моделирања и симулација различитих сценарија, што најчешће доводи до негативних последица или неочекиваних резултата у пракси.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања.

Према мишљењу чланова Комисије докторска дисертација кандидата Александра Анђелковића нема ни формалних, нити суштинских недостатака.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Да се докторска дисертација прихвати, а кандидату Александру Анђелковићу одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник:
др Илија Ћосић, редовни професор

Члан:
др Радивоје Бјелаковић, редовни професор

Члан:
др Братислав Благојевић, редовни професор

Члан:
др Властимир Радоњанин, редовни професор

Ментор:
др Бранка Гвозденац Урошевић, доцент

Ментор:
др Душан Гвозденац, редовни професор