

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none">1. Датум и орган који је именовao комисију: решење Декана Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду број 012-72/21-2012 од 30.10.2014.2. 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:<ol style="list-style-type: none">1. др Ђорђе Лађиновић, редовни професор – председник, Теорија конструкција, 29.11.2012. г., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.2. др Александар Прокић, редовни професор – члан, Теорија конструкција, 20.09.2003. г., Грађевински факултет, Суботица.3. др Снежана Маринковић, редовни професор – члан, Бетонске конструкције, 29.02.2012. г., Универзитет у Београду, Грађевински факултет, Београд.4. др Зоран Брујић, доцент – члан, Конструкције у грађевинарству, 24.10.2013. г., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.5. др Радомир Фолић, професор емеритус – ментор, Конструкције у грађевинарству и Теорија конструкција, 24.01.2008. г., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Милорад (Драгољуб) Татомировић2. Датум рођења, општина, држава: 22.03.1959., Шид, Република Србија3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука, Грађевинарство, дипломирани инжењер грађевинарства4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: –5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, "Прилог анализи утицаја течења и скупљања бетона спрегнутих бетонских носача", Техничке науке, Грађевинарство, Конструкције у грађевинарству, Бетонске конструкције, 05.09.1996. г.6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Техничке науке, Грађевинарство, Конструкције у грађевинарству, Бетонске конструкције.
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
„ДЕЈСТВА УСКЛАДИШТЕНОГ ЗРНАСТОГ МАТЕРИЈАЛА НА АРМИРАНОБЕТОНСКЕ ЦИЛИНДРИЧНЕ ЂЕЛИЈЕ СИЛОСА“

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Дисертација је написана на 544 страна текста и садржи 225 слика и 67 табела. Комплетан рад је компјутерски обрађен, а обрада је на високом нивоу. Дисертација је изложена у 7 поглавља, са следећом структуром садржаја:

- 1) Уводна разматрања
- 2) Преглед теорије и истраживања у области оптерећења код силоса
- 3) Аналитички поступци за одређивање оптерећења у силосима
- 4) Примена методе интегралних релација код анализе оптерећења у силосима
- 5) Примери и анализе
- 6) Завршне напомене и закључци
- 7) Литература

У првом поглављу, **Уводна разматрања**, дефинисани су предмет, проблем и циљ истраживања, као и полазне хипотезе.

У другом поглављу, **Преглед теорије и истраживања у области оптерећења код силоса**, даје се преглед стања у предметној области са аспекта теоријских и експерименталних истраживања, као и преглед форми силосних ћелија, врста протока и истицања материјала, уз разматрање релевантних својстава растреситих материјала. Преглед метода и поступака прорачуна оптерећења у силосима је анализиран. Детаљније је разматрано и анализирано оптерећење у силосима према *EN 1991-4:2006 (EC1-4)*, а код појединих тематских питања разматрани су и други прописи и теоријске поставке.

У трећем поглављу докторске дисертације, са насловом **Аналитички поступци за одређивање оптерећења у силосима**, детаљно се анализирају аналитички поступци за одређивање оптерећења у силосима, који су формиран од стране *Janssen-a* (1895), *Гутњар-а* (1935), браће *Reimbert* (1962), *Pipatpongsa-a* и *Heng-a* (2010), *Walker-a* (1966) и *Walters-a* (1973), и *Li-a* и *Aubertin-a* (2008). Анализирана је примена граничног стања равнотеже (ГСР), на основама анализе стања напона према *Ohde-y* (1951) и *Nanninga-y* (1956). Дефинисане су полазне претпоставке анализе стања напона и уведена је подела стања напона у силосима. Коefицијенти бочног притиска K су коefицијенти активног притиска при пуњењу, мировању и пражњењу материјала. Примена коefицијента K је дата за поступке са константним вертикалним напонима у пресеку ћелије, и за поступке где су ови напони променљиви. Ови коefицијенти су примењени код модификоване анализе појаве скоковитог оптерећења (*switch load*). Фактори натпритиска који следе из ове анализе упоређени су са фактором примењеним у *EC1-4*.

У четвртном поглављу, са насловом **Примена методе интегралних релација код анализе оптерећења у силосима**, уведена је механика непрекидне средине и ГСР при анализи притисака на зидове силоса. Применом методе интегралних релација, формиран су поступци за одређивање стања напона у ускладиштеном материјалу код силоса са ћелијама правоугаоне основе (2Д силоси), и код силоса са ћелијама кружне основе (3Др силоси). Формирано је четири поступка прорачуна стања напона код анализе 2Д силоса, и два поступка прорачуна код анализе 3Др силоса. Примена методе интегралних релација је унапређена избором интерполационих функција напона које теже асимптотском стању напона при повећању дубине материјала, и са избором хоризонталних напона као непознатих функција у интегралним релацијама.

У петом поглављу, са насловом **Примери и анализе**, приказани су и анализирани карактеристични примери предметне области. Два примера се односе на анализу утицаја код кружне ћелије АБ силоса од дејства додатног локалног оптерећења и оптерећења при пражњењу са великим ексцентрицитетом. Код ових примера су упоређени резултати прорачуна према методи коначних елемената (*Tower* и *SAP2000*) и, у овом раду, предложеним приближним теоријским изразима. У два примера су анализирана стања напона материјала у ћелији 2Д и 3Др силоса према предложеним и према познатим поступцима прорачуна. Код анализе 2Д силоса резултати су упоређени са нумеричким резултатима, а код анализе 3Др силоса резултати су упоређени са резултатима, доступних из литературе, експерименталних испитивања. Пети пример се односи на параметраску анализу притисака код 3Др силоса, где је испитан утицај коefицијената унутрашњег трења и трења материјала о зид ћелије.

У шестом поглављу, **Завршне напомене и закључци**, дате су опште напомене и закључна разматрања где су формулисани сви значајни закључци који су произашли из истраживања спроведених у оквиру ове дисертације, уз навођење оригиналних теоријских доприноса аутора

анализи оптерећења у силосима. Такође су назначени правци даљих истраживања у овој области.

У седмом поглављу дат је списак литературе који садржи 378 референци из области која је релевантна за тему докторске дисертације од којих је већина цитирана у раду.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом, уводном, поглављу јасно су дефинисани предмет и циљ истраживања, уз образложење потреба и актуелности проблема истраживања. Поред прегледа владајућих ставова у подручју истраживања, формулисана су и хипотезе и примењена методологија истраживања.

У другом поглављу дат је шири преглед стања у предметној области са аспекта теоријских и експерименталних истраживања. Описане су форме силосних ћелија, врсте протока и истицања зрнастих материјала, уз разматрање њихових својстава. Поред тога, дат је преглед подела метода и поступака прорачуна оптерећења у силосима. При томе, детаљније је разматрано оптерећење према *EN 1991-4:2006 (EC1-4)*, а код појединих тематских питања разматрани су и други прописи. Детаљно је анализирана формирање приближних теоријских израза за одређивање меродавних статичких утицаја од дејства додатног локалног оптерећења, као и од посебног облика оптерећења при пражњењу са великим ексцентрицитетом проточног канала. Ова оптерећења су уведена у *EC1-4*. За оптерећења при пражњењу са великим ексцентрицитетом, који се односе на *EC1-4* и *DIN 1055-6:2006*, предложен је нови облик израза за повећано оптерећења уз проточни канал, који задовољава услов равнотеже хоризонталних сила за све дубине материјала, а не као у *DIN*-у, само у асимптотском случају.

У трећем поглављу су детаљно анализирани аналитички поступци за одређивање оптерећења у силосима. Поред ових поступака, разматрана је примена граничног стања равнотеже, са посебним освртом на асимптотско стање напона у ускладиштену материјалу при употреби *Mohr-Coulomb*-овог услова за лом материјала смицањем. На основу уведене поделе стања напона, дефинисани су коефицијенти односа напона K за стања при пуњењу, мировању и пражњењу материјала. Ови коефицијенти се односе на активно стање напона. Примена ових коефицијената омогућује одређивање оптерећења у три сепаратне анализе стања напона. Од посебне је важности увођење коефицијената K код модификоване анализе појаве скоковитог оптерећења. Фактори натпритиска, који се одређују у овој анализи су упоређени са фактором натпритиска у *EC1-4*, што је приказано и на примерима анализе оптерећења код АБ цилиндричног силоса.

У четвртном поглављу су формиран поступци анализе стања напона материјала код 2Д и 3Др силоса, применом методе интегралних релација, уз увођење одговарајућих унапређења ове методе. Унапређење методе је постигнуто увођењем одговарајућих облика интерполационих функција, при којима стање напона материјала са повећањем дубине материјала тежи асимптотском стању. Поред овога, код саме примене методе као непознате су уведени хоризонтални/радијални напони на контурама система, што омогућује једноставније решавање система интегралних релација, у односу на примену вертикалних напона као непознатих функција у систему једначина.

У оквиру петог поглавља дати су нумерички примери за анализу статичких утицаја у зиду АБ цилиндричног силоса од деловања додатног локалног оптерећења и оптерећења при пражњењу са великим ексцентрицитетом проточног канала. Ова оптерећења су дефинисана у *EC1-4*, а резултати анализе при примени методе коначних елемената су упоређени са резултатима добијеним приближним теоријским изразима. На примерима 2Д силоса и 3Др силоса детаљно је анализирано стање напона ускладиштеног материјала према поступцима формираним методом интегралних релација и познатим теоријским поступцима. Упоредени су теоријски резултати анализе 2Д силоса са нумеричким вредностима, а код 3Др силоса са доступним експерименталним резултатима. При томе је оцењено да поступци формираним методом интегралних релација дају најреалнију процену нумеричких вредности у односу на друге поступке прорачуна.

У оквиру шестог поглавља рекапитулирана су истраживања и најважнији резултати, и формулисани закључци проистекли из истраживања у оквиру дисертације. Приказани резултати истраживања су у складу са постављеним циљевима и у потпуности одговарају методолошком аспекту дисертације. Исти су јасно дефинисани и повезани са постављеним основним хипотезама и циљевима истраживања. Назначени су правци даљих истраживања из теме ове дисертације.

Литература која је коришћена у овој дисертацији је релевантна и пружа широки увид у резултате истраживања из ове проблематике, што је омогућило детаљан преглед стања у овој области.

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

На основу резултата истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији, кандидат је поред радова објављених пре пријаве дисертације, као коаутор предао следећи рад који је прихваћен за објављивање:

Категорија М24 – рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком:

1. Tatomirović M., Folić R.: Analiza napona u ćelijama silosa metodom integralnih relacija, *Časopis Građevinski materijali i konstrukcije*, br.2, 2015. (prihvaćen za objavljivanje).

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији су анализирана дејства ускладишеног зрнастог материјала на АБ цилиндричне ћелије силоса, на основу анализе стања напона материјала у ћелији силоса при стању пуњења, мировања и пражњења материјала. Код ових стања материјала уведени су коефицијенти односа напона K , који одговарају активном стању напона материјала у ћелији силоса. При формирању прорачунских поступака анализе стања напона примењена је метода интегралних релација на исечку диференцијалног слоја материјала у ћелији силоса.

Резултати истраживања у дисертацији представљају оригиналан и вредан допринос у области анализе оптерећења које производи усклиштени материјал на зидове ћелија силоса, и они се могу сумирати кроз следеће главне закључке:

- 1) Стање напона ускладишеног материјала у силосу је анализирано на основу граничног стања равнотеже са увођењем *Mohr-Coulomb*-овог услова лома материјала смицањем. Са повећањем дубине материјала стање напона тежи асимптотском стању напона.
- 2) Увођењем концепције активних стања напона код пуњења, мировања и пражњења материјала из ћелије силоса, проширује се примена постојећих поступака прорачуна стања напона, како за поступке са уведеним константним вертикалним напонима у пресеку ћелије, тако и за поступке у којима су ови напони променљиви.
- 3) Код модификоване анализе скоковитог оптерећења одређују се тре фактора натпритиска, где највећа вредност и највећа анвелоба притисака одговара случају прелаза стања пуњења у стање пражњења материјала из ћелије силоса. Ово је разлика у односу на *EN 1991-4 (EC1-4)*, где се користи само један фактор натпритиска, а који одговара, овде наведеном, највећем фактору. Код упоредних анализа примењеног теоријског поступка са поступком у *EC1-4* за силосе класе *AAC 1*, закључено је да код кратких силоса прорачун хоризонталних притисака према *EC1-4* је на страни сигурности, а да код витких силоса при већим дубинама материјала, ови притисци не морају бити на страни сигурности у односу на теоријске притиске.
- 4) Анализа стања напона зрнастог материјала у ћелији силоса, са поступцима анализе који су формиран у овом раду применом методе интегралних релација, представља прецизнији опис стања напона у ускладишеном материјалу, с обзиром да су испуњена два услова равнотеже на исечку диференцијалног слоја материјала.
- 5) На основу нумеричких и параметраских анализа је показано да се, при прелазу са стања пуњења на стање пражњења материјала, хоризонтални притисци на зиду ћелије силоса повећавају, са симултаним смањењем вертикалних притисака у пресеку ћелије.
- 6) Код анализе утицаја додатног локалног оптерећења, према облику који је уведен у *EC1-4*, на примеру цилиндричног бетонског силоса, показано је да се применом приближних прорачунских израза одређују статички утицаји у тежиштима оптерећених површина, са грешком мањом од 5% у односу на резултате анализе са методом коначних елемената, што је важно за пројектантску праксу. Код анализе утицаја при пражњењу са великим ексцентрицитетом проточног канала, процењено је да ће овај случај оптерећења највероватније бити меродаван код димензионисања зида ћелије. Ови закључци су од велике практичне важности за прорачуне према *EC1-4*, и могу се применити у прелиминарној фази пројектовања конструкције силоса.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

У дисертацији је спроведена теоријска, нумеричка и параметраска анализа стања напона ускладиштеног зрнастог материјала у цилиндричним силосима са увођењем граничног стања равнотеже и обухватањем стања напона у материјалу при пуњењу, мировању и пражњењу материјала из ћелије силоса. Анализирани су утицаји код кружне ћелије АБ цилиндричног силоса од дејства додатног локалног оптерећења и оптерећења при пражњењу са великим ексцентрицитетом отвора за пражњење. Детаљно су тумачени резултати свих прорачуна и указано је на специфичности у оваквим анализама. Техничка обрада свих поглавља у докторској дисертацији је на веома високом нивоу. Редослед излагања је јасан, концизан и логичан, а текст је оптимално илустрован и поткрепљен одговарајућим сликама и графиконима. Резултати су праћени одговарајућим образложењима и критичким освртом на њихово вредновање у складу са владајућим ставовима науке у области истраживања. На основу резултата истраживања и њиховог критичког разматрања изведени су закључци који дају јасне одговоре на постављена полазишта и циљеве истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

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

Дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем и циљевима истраживања наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Комисија констатује да су у оквиру дисертације дефинисани сви неопходни елементи: опис проблема, предмет и циљеви истраживања, полазне хипотезе и примењене методе истраживања. Основне хипотезе су јасно дефинисане, а истраживањем је обухваћена детаљна анализа стања напона у ускладиштеном материјалу у силосу, односно оптерећења на зиду ћелије АБ силоса од дејства ускладиштеног зрнастог материјала. Истраживање је оригинално, а тумачења резултата су јасна и објективна. Закључци истраживања су јасно дефинисани и засновани на дискусији резултата.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

На основу детаљне анализе дисертације, увидом у актуелност поменуте проблематике, утврђеног циља и коришћене методологије истраживања, Комисија констатује да предметна докторска дисертација по свом садржају представља оригинални научни рад. Оригиналан допринос науци огледа се у следећем:

- У раду је на свеобухватан начин анализирано стање напона ускладиштеног зрнастог материјала у цилиндричним силосима са увођењем граничног стања равнотеже и обухватањем стања напона у материјалу при пуњењу, мировању и пражњењу материјала.
- Код анализе напона при мировању и пражњењу материјала, уведено је активно стање напона. У анализи стања напона при пражњењу, ово је битна разлика у односу на традиционални приступ који је у теорији критикован, где се ово стање третирало као гранично пасивно стање напона.
- Применом поставки које су уведене у овом раду проширује се примена постојећих поступака анализе стања напона који се заснивају на константним вертикалним напонима у пресеку ћелије (нпр. *Janssen*-ов поступак и други), и ревитализује се примена поступака код којих се уводе променљиви вертикални напони (нпр. *Walker/Walters*-ов поступак и други).
- Код поступака анализе стања напона, који су формиран у овом раду, примењена је метода интегралних релација, у циљу тачнијег одређивања стања напона, с обзиром да су испуњена два услова равнотеже, за разлику од методе диференцијалног слоја где је у анализи задовољен само услов равнотеже вертикалних сила.

<ul style="list-style-type: none"> • Код примене методе интегралних релација уведена су одговарајућа унапређења теоријских поставки проблема стања напона ускладиштеног материјала у силосу. Стање напона је анализирано са увођењем <i>Mohr-Coulomb</i>-овог закона лома материјала смицањем и са увођењем асимптотског стања напона, којем тежи са повећањем дубине материјала.
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Комисија констатује на основу детаљне анализе рада кандидата да су испуњени постављени циљеви и да дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p> <p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:</p>
<p>- <u>да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</u></p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ:

1. др Ђорђе Лађиновић, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад,
Теорија конструкција

2. др Александар Прокић, редовни професор
Грађевински факултет, Суботица,
Теорија конструкција

3. др Снежана Маринковић, редовни професор
Грађевински факултет, Београд,
Бетонске конструкције

4. др Зоран Брујић, доцент
Факултет техничких наука, Нови Сад,
Конструкције у грађевинарству

5. др Радомир Фолић, професор емеритус
Факултет техничких наука, Нови Сад,
Конструкције у грађевинарству