

## РЕЦЕНЗИЈА

**НА ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА ПОД НАСЛОВ „ВЛЕЗНА СЕИЗМИЧКА ЕНЕРГИЈА ВО ОБЈЕКТ ПРИ ИНТЕРАКЦИЈА ТЛО-ТЕМЕЛ-ОБЈЕКТ“ ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р АЛЕКСАНДРА РИСТЕСКА, ПРИЈАВЕНА НА ФАКУЛТЕТ ЗА ИНФОРМАТИКА, УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП**

Со Одлука бр. 0206-795/2 од 12.9.2018 г., донесена на 37. седница на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 (биотехнички, техничко-технолошки и природно-математички науки) при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Влезна сеизмичка енергија во објект при интеракција тло-темел-објект“, пријавена и изработена од кандидатката м-р Александра Ристеска, во состав:

- д-р Сашо Коцески, вонр. професор, претседател,
- д-р Владо Гичев, ред. професор, ментор, член,
- д-р Јосиф Јосифовски, вонр. професор, екстерен ментор, член,
- д-р Јордан Живановиќ, ред. професор, член,
- д-р Благој Голомеов, ред. професор, член.

Комисијата во наведениот состав, по прегледувањето на докторската дисертацијата, го поднесува следниов

## ИЗВЕШТАЈ

*Анализа на трудот*

Докторската дисертација „Влезна сеизмичка енергија во објект при интеракција тло-темел-објект“ е напишана на 113 страници, конципирана е во 7 поглавја, вклучувајќи го и воведниот дел, содржи 26 слики. Материјалот е изложен прецизно и концизно. Поставените тези се поткрепени со резултати од извршените нумерички експерименти. Во воведниот дел кандидатката прави краток опис на поими од областа која е предмет на истражување и ги наведува причините што го мотивирале истражувањето. Во ова поглавје се поставени основните цели и очекуваните придобивки од истражувањето. Во второто поглавје, кандидатката дава преглед и ревизија на достапната литература и истражувањата поврзани со темата и предметот на истражување во докторската дисертација. Третото поглавје е приказ на законите за рамнотежа, каде што се анализира врската помеѓу деформацијата и напонот во соодветни модели. Во четвртото поглавје *Пресметковен модел* е даден краток осврт на одговорот на еднодимензионален систем (модел на греда) тло-конструкција при минување на бран, со примена на граничните услови на Dirichlet и Neumann. Анализата на моделот е сублимирана во неколку слики, каде што се прикажани поместувањата, брзините и релативните деформации на гредата. Петтото поглавје е опис на дводимензионален нумерички модел на систем тло-темел-објект. Во ова поглавје е направена анализа како физичко-механичките карактеристики (густина и брзина на пропагирање) на конститутивните елементи на системот влијаат на енергијата која ќе влезе во објектот, при силни импулсни движења во почвата на SH рамнински бран во форма на полусинусоиден пулс. Во шестото поглавје „Дводимензионален нумерички пример“ е даден пример за дводимензионалниот нумерички модел. Како прототип е земен хотелот „Holiday Inn“ во Van Nuys, Калифорнија. Хотелот бил сериозно оштетен за време на земјотресот Northridge, Калифорнија во 1994 година. Во моделот се земен физичко-механичките карактеристики на почвата на која е изграден хотелот во правец исток-запад, добиени со „impulse response“ анализа на еднодимензионален модел. Зградата и темелот остануваат линеарни за цело време на анализата. Истражувањето се состои во тоа како различни фактори (влезен агол на бранот, крутост на темелот, односно брзина на пропагирање на SH бран низ темелот, ниво на нелинеарност на темелот) влијаат на брзината на честичките на контактот темел-објект, а со тоа и на сеизмичката енергија која влегува во објектот.

Резултатите од истражувањето се сликовито прикажани и анализирани. Во последното поглавје од докторската дисертација се дадени заклучоци од предложениот модел и направените истражувања за разгледуваните фактори кои влијаат на пригушувањето, расејувањето и промената на брановата форма, а преку тоа и на енергијата која влегува во објектот, како и препораки за ублажување на сеизмичките дејства.

#### **Придонес на докторската дисертација**

Основниот придонес во науката на докторската дисертација „Влезна сеизмичка енергија во објект при интеракција тло-темел-објект“ од кандидатката м-р Александра Ристеска се состои во предложениот нумерички модел на систем тло-темел-конструкција, преку кој се утврдува под кои услови и каде се појавуваат максимални одговори на елементите со конечни димензии при сеизмички побуди. Главниот фокус е на енергетскиот аспект на интеракцијата тло-темел-објект. Тоа е модерен пристап кој дава квантитативен увид на отпорноста на објектот за време на сеизмички настан. Од предложениот истражување можеме да разбереме како да ја минимизираме енергијата и влезните параметри (поместување, брзини и др.) од силните потреси на тлото пренесени до објектот. Од ова истражување се добива јасна слика како секој од разгледуваните фактори влијае на енергијата која влегува во објектот, а со тоа и на повредливоста на објектите. На овој начин може да се дадат препораки за ублажување на сеизмичките дејства, како природни – земјотреси, така и вештачки – подземни експлозии врз објектите. Извршените истражувања на овој модел покажуваат како различни фактори влијаат на придушувањето, расејувањето и промената на брановата форма, а преку тоа и на енергијата која влегува во објектот. Дисертацијата дава објаснување за тоа како тлото делува како пасивен изолатор т.е. доаѓа до губиток на сеизмичка енергија за креирање и развој на трајни деформации во тлото.

#### **Предмет на истражување и краток опис на применетите методи**

Во оваа докторска дисертација е анализирана распределба на енергијата во интерактивен систем тло-темел-објект за произволен агол на влез на сеизмички бран во моделот. Анализата е спроведена со користење на нумеричка симулација на браново ширење. Во истражувањата, се користат дводимензионални математички модели на систем тло-темел-објект. При сеизмичка активност во сеизмичкиот извор се генерира големо количество на енергија. Оваа енергија се шири (патува) во просторот во форма на еластични сеизмички бранови. Кога овие бранови ќе удраат во објектот, дел од енергијата влегува во објектот, а дел се расфрла назад во тлото. За правилно проектирање на објекти отпорни на земјотрес важно е да се редуцира енергијата која влегува во објектот. За проучување на феномените кои се јавуваат при интеракција тло-темел-објект, кандидатот користи едноставни математички модели кои подоцна ги проширува. Во истражувањето се фокусира на енергетскиот аспект на интеракцијата тло-темел-објект. Тоа е модерен пристап кој дава квантитативен увид на отпорноста на објектот за време на сеизмички настан. Во оваа дисертација прво е изработен едноставен еднодимензионален линеарен нумерички модел со цел да се прикажат карактеристиките на брановото пропагирање при различни гранични услови. Потоа е изработен дводимензионален нумерички модел и извршено е негово имплементирање во компјутерска програма преку која кандидатката ги проучува различните феномени поврзани со пропагирање на сеизмички бранови во системот тло-темел-објект. Кандидатката разгледува дводимензионален модел со SH побуда, а со тоа и одговорот на системот, нормален на рамнината на пропагирање на бранот. Од многуте феномени кои произлегуваат од одговорот на системот тло-објект, посебно тежиште е дадено на делот од сеизмичката енергија која влегува во објектот. Вкупната сеизмичката енергија која доаѓа до објектот од интерес се распределува на повеќе делови. Пред да дојде до темелот на објектот, дел од енергијата се губи за креирање и развој на трајни, пластични деформации во тлото. Друг дел се растура при судар на сеизмичките бранови со контактот темел-тло. Трет дел се губи на контактот темел – објект поради различни импеданси на материјалите. Само мал дел од вкупната сеизмичка енергија која доаѓа на разгледуваната локација влегува во зградата. Овој дел од целокупната сеизмичка

енергија е директно одговорен за оштетувањата, а во крајна инстанца и рушење на објектите, па поради тоа заслужува посебно внимание. Понатаму, оваа енергија може да се класифицира во енергија која е резултат на транслација, торзија или енергија како резултат на браново пропагирање. Во оваа дисертација се проучени факторите кои влијаат на распределбата на енергијата со посебен интерес на енергијата која влегува во објектите. Заради темелно и илустративно истражување на одговорот на системот тло-темел-објект, кандидатката како влез во системот зема сеизмичка побуда во облик на полусинусоиден пулс со различни времетраења. Истражувањето е спроведено со примена на компјутерска симулација на ширење на сеизмички бран на нумерички модел. Равенката на бранот е решена со помош на нумеричкиот метод на конечни разлики. Решението се состои од замена на парцијалните изводи во простор и време со нивните апроксимации во конечни разлики. За да го верификува методот, прво решава линеарен еднодимензионален (1D) модел и ги проучува феномените кои произлегуваат од граничните услови на Dirichlet, Neumann и условите при подвижни граници. За линеарен модел, користејќи континуитет на поместувања и напрегања, аналитички е определен одговорот, што дава можност за валидација на нумеричкиот модел. Моделот се состои од три медиума - тло, темел и објект со различна геометрија и различни физичко-механички карактеристики. Димензиите на темелот и објектот се конечни. Тлото е бесконечно од двете страни во хоризонтален правец, а во вертикален правец е ограничено на врвот - слободна површина и неограничено по длабина заради што треба да се имплементираат три вештачки граници. Во моделот е земено дека почвата може да претрпи нелинеарни деформации, а темелот и објектот остануваат линеарни. Интерес на истражувањето е како физичко-механичките карактеристики на темелот, природата на побудата, степенот на нелинеарност на почвата и влезниот агол на влезниот бран влијаат на енергијата која влегува во објектот. Поради тоа деталите во објектот (столбови, греди, плочи, платна и сл.) не се земени предвид, туку објектот и темелот се моделираат како правоаголници. Опишаниот математички модел е имплементиран во оригинална компјутерска програма напишана во Fortran. Програмата е тестирана и верифицирана користејќи го принципот за конзервација на енергија. Како побуда во истражувањето се користи полусинусоиден пулс со променливо времетраење и константна амплитуда. За секоја различна побуда - различно времетраење на пулсот се добива енергија која влегува во објектот, а која може да биде изразена со односот на: максималната средна брзина на честичките на контактот темел-објект и максималната брзина на честичките на површината на тлото кога не би постоел објект. Истражувањето се одвива со варирање на параметрите кои влијаат на резултатот и врз основа на тоа се дефинирани параметарски криви. Од овие криви беа проучувани факторите кои влијаат на одговорот на системот почва-темел-објект на силни потреси на тлото. Резултатите од ова истражување покажуваат зошто стандардните згради лоцирани на тло кои трпат големи нелинеарни деформации се помалку оштетени отколку оние на тло со мали деформации на тлото. Крајната цел на истражувањето во оваа дисертација на кандидатот беше да определи како различни параметри, како: агол на ширење на бранот, крутоста на темелот, крутоста на почвата, степен на нелинеарност на почвата и времетраење на пулсот влијаат на количината на сеизмичка енергија која ќе влезе во објектот. Утврдено е под кои услови и каде се појавуваат максимални одговори на елементите со конечни димензии при сеизмички побуди. Главната цел на оваа студија беше да се разбере феноменот поврзан со интеракцијата и да се дадат правци за подобрување на дизајнот на конструкциите отпорни на земјотреси. Феномени поврзани со интеракцијата тло - конструкција кои се појавуваат за време на силно побудување на тлото се: диференцијалните движења на контактот темел - објект за време на поминување на бранот, радијациското пригушување од страна на конструкцијата, расејувањето од темелот, редистрибуција на напрегање и енергија во системот, лизгање и триење, пукнатини во системот, секундарни ефекти како последица на сопствена тежина на конструкцијата и гравитацијата. Во оваа дисертација, кандидатката се фокусира на истражување на аспектот на распределба и редистрибуција на сеизмичката енергија во интерактивниот систем тло-темел-објект.

**Краток опис на резултатите од истражувањето**

Резултатите од истражувањето покажуваат како различни параметри, како: агол на ширење на бранот, крутоста на темелот, крутоста на почвата, степен на нелинеарност на почвата и времетраење на пулсот влијаат на количината на сеизмичка енергија која ќе влезе во објектот. Утврдено е под кои услови и каде се појавуваат максимални одговори на елементите со конечни димензии при сеизмички побуди. Моделот со најкрут темел и со најголемо ниво на нелинеарност во тлото превенира (не дозволува) голем дел од енергијата да дојде до објектот (до контактот темел-објект). Од друга страна, јасно е дека крутите темели доведуваат до силно расејување (scattering) на брановите што удираат во нив, така што голем дел се расејува, а мал дел од сеизмичката енергија влегува во темелот, а од таму до контактот темел-објект. Заклучокот е дека како темелот станува поцврст, така поголем дел од влезната енергија се расејува од темелот, а помал дел влегува во зградата. Од предложеното истражување, можеме да разбереме како да ја минимизираме енергијата и влезните параметри (поместување, брзини и др.) од силното движење на земјата пренесено до објектот. Од ова истражување се добива јасна слика како секој од разгледуваните фактори влијае на енергијата која влегува во објектот, а со тоа и на повредливоста на објектите. На овој начин можеме да дадеме генерални препораки за ублажување на сеизмичките дејства, како природни – земјотреси, така и вештачки – подземни експлозии врз објектите. Од извршените истражувања на овој модел научивме како различни фактори влијаат на придушвање, расејувањето и промената на брановата форма, а преку тоа и на енергијата која влегува во објектот. Добивме објаснување за тоа како тлото делува како пасивен изолатор т.е. доаѓа до губиток на сеизмичка енергија за креирање и развој на трајни деформации во тлото. Заклучивме дека краткотрајните – високофреквентни пулсеви повеќе се расејуваат на интерфејсите меѓу две различни средини (почва-темел и темел-објект), така што за овие побуди помал процент од вкупната сеизмичка енергија доаѓа во објектот. Конечно, главниот заклучок е дека темелот со слични физичко-механички карактеристики како почвата ќе пропушта повеќе енергија во зградата, за разлика од темелите со поголема крутоста од онаа на почвата. Ова се должи на разликата на импедансите која доведува до поголемо расејување.

**Конечна оценка на докторската дисертација**

Резултатите од целокупното теоретско, практично и нумеричко експериментално истражување се прикажани јасно, разбирливо и концизно. Добиените резултати од пресметките во истражувањето се прикажани сликовито и прецизно. Научниот дел предвиден во образложението на докторската дисертација е целосно реализиран. Поставените тези:

- Подготовка на нумерички модел за нелинеарно ширење на бранови заснован на метод на конечни разлики;
- Избор на методи и техники за анализа на резултатите од нелинеарниот математички модел;
- Споредба и верифицирање на нумеричкиот модел со некои други методи;
- Обработка на резултатите од анализите се во целост реализирани во рамките на докторската дисертација.

**Исполнетост на законските услови за одбрана на трудот**

Кандидатката пред одбраната на докторската дисертација ги објавила следниве рецензирани истражувачки трудови.

**Трудови објавени во меѓународни научни конференции:**

1. Kocaleva, Mirjana and Risteska, Aleksandra (2017) *Практична примена на едно – димензионалната бранова равенка.*, Yearbook of the Faculty of Computer Science, 5 (5). pp. 5-12. ISSN 1857- 8691.
2. Risteska, Aleksandra and Dimovski, Igor and Gicev, Vlado (2016) *Relationship between the extremes of a functional and its variation.* ITRO 2016. ISSN ISBN: 978-86-7672-285-3.

3. Risteska, Aleksandra and Kokalanov, Vasko and Gicev, Vlado (2015) *Application of fundamental lemma of variational calculus to the Bernoulli's problem for the shortest time*. In: ITRO 2015, 26 June 2015, Zrenjanin, Serbia.
4. Zlatev, Zoran and Risteska, Aleksandra and Kokalanov, Vasko (2012) *Comparison of the performance of the artificial boundaries p3 and p4 of stacey*. Yearbook of the Faculty of Computer Science. ISSN 1857- 8691.
5. Dimovski, Igor and Risteska, Aleksandra (2016) *Didactic principle of visualization in mathematics*. ITRO 2016. ISSN ISBN: 978-86-7672-285-3.

#### **Трудови објавени во меѓународни научни списанија:**

1. Risteska Aleksandra and Gicev Vlado, "The response of a shear beam as 1d medium to seismic excitations dependent on the boundary conditions" (2018), *Journal of Geological Resource and Engineering, Volume 6, Number 4, July-Aug. 2018 (Serial Number 24), ISSN: 2328-2193*.
2. Risteska Aleksandra, "Application of Fundamental Lemma of Variational Calculus to the Problem for the Brachistochrone", *International Journal of Mathematics Trends and Technology (IJMTT)*. V57(5):296-302 May 2018. ISSN:2231-5373.
3. Igor Dimovski, Ice Gjumaneloski, Filip Kochoski, Mahendra Paipuri, Milena Veneva, Aleksandra Risteska, " Computer aided (filament winding) tape placement for elbows. Practically orientated algorithm", *Balkan Journal of Applied Mathematics and Informatics (BJAMI)*, Vol 1 No 1, p. 89-104, aug. 2018 ISSN 2545-479X.

### **ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ**

Комисијата за оценка и одбрана на докторската дисертација „Влезна сеизмичка енергија при интеракција тло-темел-објект“ пријавена и изработена од кандидатката м-р Александра Ристеска донесе заклучок дека истата претставува самостојна научна работа со оригинални научни истражувања и значајни резултати.

Врз основа на анализата и проверката на докторската дисертација може да се заклучи дека проблематиката е детално и систематично разработена реализирајќи ги на сите поставени цели.

Врз основа на тоа, Комисијата има чест да му предложи на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација со наслов „Влезна сеизмичка енергија при интеракција тло-темел-објект“, изработена од кандидатката м-р Александра Ристеска и да одобри јавна одбрана на истата.

### **РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА**

**Д-р Сашо Коцески, вонр. професор, претседател, с.р.**

**Д-р Владо Гичев, ред. професор, ментор, член, с.р.**

**Д-р Јосиф Јосифовски, вонр. професор, екстерен ментор, член, с.р.**

**Д-р Јордан Живановиќ, ред. професор, член, с.р.**

**Д-р Благој Голомеов, ред. професор, член, с.р.**