



**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Булевар краља Александра 73
Поштански фах 895, 11001 Београд
Телефон (011) 3218-501
Телефакс (011) 3370-223

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

У прилогу дописа достављамо Вам материјал за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији **Ненада Фрица, дипл. грађ.инж.** под насловом:

**„ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА”**

Прилог:

- 1 примерак обрасца УБ 02
- 1 примерак извештаја о оцени подобности теме и кандидата
- 1 примерак одлуке о прихватању извештаја
- 1 примерак извештаја о оцени и одбрани
- 1 примерак одлуке о прихватању извештаја о оцени и одбрани
- 1 примерак доказа о објављеном раду
- 1 примерак докторске дисертације
- CD
- копија Извода из матичне књиге венчаних
- Сви прилози прослеђени на e-mail

ШЕФ СЛУЖБЕ ЗА СТУДЕНТСКА ПИТАЊА

Тамара Вукша, дипл.педагог

53/ 13
март 2015.

Образац 2
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Студентски трг бр.1
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ
ГРАЂЕВИНСКО-УРБАНИСТИЧКИХ НАУКА

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 57.ст.3 Закона о Универзитету (Службени гласник РС бр.21/02),
дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

НЕНАДА /Томислав/ ФРИЦА , дипл. грађ.инж.

**„ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА”**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НЕНАД /Томислав/ ФРИЦ, дипл. грађ.инж.

Пријавио је докторску дисертацију под насловом:

**„ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА”**

Универзитет је дана **28. 05. 2013. године** својим актом дао сагласност на предлог теме
докторске дисертације која је гласила:

**„ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА”**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **НЕНАДА /Томислав/
ФРИЦА, дипл. грађ.инж.** образована је на седници **29.01. 2015.године** одлуком
Факултета **бр. 53/13-13** у саставу:

1. Проф.др Драган Буђевац, дипл. грађ. инж./научна област Металне конструкције/Грађевински факултет Београд
2. Проф. др Златко Марковић, дипл. грађ. инж./научна област Металне конструкције/Грађевински факултет Београд
3. Проф. др Душко Лучић, дипл. грађ. инж./ научна област Челичне конструкције/Грађевински факултет Универзитета Црне Горе/
4. В. проф. др Зоран Мишковић, дипл.грађ. инж./научна област Грађевински материјали,технологија бетона и испитивање конструкција/Грађевински факултет Београд

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној **19.03.2015. године.**

В. Д. ДЕКАНА ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл. геод.инж.

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај комисије за пријем теме докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду број 53/02 од 14.02.2013. године одређени смо за чланове Комисије за пријем теме докторске дисертације **Ненада Фрица, дипл. грађ. инж.**, под насловом:

**„ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА“**

Након прегледа достављене документације подносимо Наставно – научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци

1.1. Општи подаци

Ненад Фриц рођен је 28.07.1979. године у Зрењанину где је завршио основу школу и гимназију. Грађевински факултет у Београду уписао је 1998. године и завршио га у предвиђеном року. Дипломски рад на тему „Пројекат челичне конструкције индустријске хале према Еврокоду“ одбранио је 2004. године, са оценом 10 (десет), и тако са укупном просечном оценом 8,79 (осам и 79/100) стекао диплому грађевинског инжењера конструктивног одсека. На групи предмета из области Металне конструкције остварио је просечну оцену 9,75 (девет и 75/100). У току основних студија више пута је награђиван од стране факултета за изузетан успех у току школовања.

У октобру 2004. године запошљава се у фирми за пројектовање израду и монтажу челичних конструкција „Монтена д.о.о.“ са Новог Београда. Његово ангажовање у овој фирми подразумевало је рад на пројектовању, техничкој припреми, праћењу процеса производње и монтаже челичних конструкција.

Након одслуженог војног рока 01. јануара 2007. године запошљава се на Грађевинском факултету Универзитета у Београду као инжењер сарадник на Институту за материјале и конструкције, где у школској 2007/2008 години, одмах по њиховом формирању, уписује докторске студије. На докторским студијама положио је све испите и остварио просечну оцену 9,88 (девет и 88/100) и то:

- | | |
|--|--------------|
| 1. Савремени грађевински материјали и њихова примена | - 10 (десет) |
| 2. Динамика конструкција | - 10 (десет) |
| 3. Метод коначних елемената | - 10 (десет) |
| 4. Анализа ризика и поузданости у грађевинарству | - 9 (девет) |

- | | |
|---|--------------|
| 5. Експериментална анализа конструкција | - 10 (десет) |
| 6. Вибрације конструкција | - 10 (десет) |
| 7. Стабилност конструкција | - 10 (десет) |
| 8. Мерење неелектричних величина у грађевинарству | - 10 (десет) |

Члан је Друштва грађевинских конструктора Србије (ДГКС).

Од школске 2009/2010 године врши функцију секретара Катедре за материјале и конструкције Грађевинског факултета Универзитета у Београду на коју је реизабран ове школске године.

Одлично влада рачунарским софтверима из области пројектовања и анализе конструкција. Активно пише и говори енглески језик.

У новембру 2012. године положио је стручни испит и поседује лиценцу за пројектовање објеката високоградње (лиценца 310) и лиценцу за извођење објеката високоградње (лиценца 410).

1.2. Кретање у служби и рад у настави

У звање асистента студента докторских студија за ужу научну област Металне конструкције, на Грађевинском факултету у Београду, Ненад Фриц је први пут изабран 25.12.2007. године. Након три године, због остварених резултата, одлуком Изборног већа Грађевинског факултета реизабран је у исто звање.

Од школске 2006/2007 године учествовао је у припреми и извођењу наставе и вежби из више предмета из области Металних конструкција по старом наставном плану. Према наставном плану из 2008. године води вежбе из предмета Технологија производње металних конструкција (модул за конструкције), Металне конструкције (модул МТИ) и Металне и дрвене конструкције (модули ПЖА и ХВЕ) и активно учествује у извођењу наставе из предмета Металне конструкције 1 (модул КОН), Металне конструкције 2 (модул КОН), Металне конструкције у зградарству (модул КОН) и Специјалне металне конструкције (модул КОН).

Саставни део његовог ангажовања у настави је и помоћ (кроз консултације) при изради дипломских, синтезних и дипломских мастер радова студената завршних година одсека за конструкције. До сада је активно учествовао или учествује у изради 8 (осам) дипломских радова, 10 (десет) синтезних пројеката и 1 (један) дипломског мастер рада из предмета: Металне конструкције у зградарству и Специјалне металне конструкције. Такође, задужен је за организовање студентских екскурзија којима се студентима сваке школске године омогућава да кроз посету највећим градилиштима своја теоријска знања употпуне практичним искуством.

1.3. Научно-истраживачки рад

У досадашњем научном раду Ненад Фриц се бавио проблемима носивости и стабилности челичних конструкција. Од 2011. године учествује на пројекту технолошког развоја ТР-36048 под називом „Истраживање стања и метода унапређења грађевинских конструкција са аспекта употребљивости, носивости, економичности и одржавања“, у трајању од 4 године, подржаном од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије. Његово ангажовање усмерено је на активности везане за подпројекат под називом „Техничко технолошка решења челичних конструкција за коришћење ветра, као обновљивог извора, за добијање електричне енергије“ у вези са којим је у марту 2011. године успешно завршио курс под називом

„Professional training course Wind Towers: Design by FEM and technological features“ који је одржан у Коимбри у Португалу.

У току 2009. године активно је учествовао у другој фази пројекта „Увођење европских стандарда у грађевинарству као националних стандарда Србије“ у оквиру ког је као технички уредник учествовао у припреми четири од дванаест превода која су том приликом објављена, и то: „Еврокод 1: Дејства на конструкције, Део 1-4: Дејства ветра“, „Еврокод 3: Прорачун челичних конструкција, Део 1-3: Додатна правила за хладно обликоване танкозидне елементе и лимове“, „Еврокод 3: Прорачун челичних конструкција, Део 1-5: Пуни лимени елементи“ и „Еврокод 3: Прорачун челичних конструкција, Део 1-10: Избор челика у погледу жилавости и својстава по дебљини“

Активно учествује на стручним конгресима и симпозијумима у земљи и иностранству. Аутор је и коаутор више научних радова: 2 рада у часописима од националног значаја, 1 рада у међународним часописима, као и 13 прилога у зборницима са домаћих и међународних научно-стручних скупова.

Списак радова:

- 1 Радови у часописима од националног значаја
 - 1.1. *Анализа понашања подужног смичућег споја код спрегнутих носача од челика и бетона у зградарству* / М. Спремић, Д. Буђевац, З. Марковић, Н. Фриц // Грађевински календар 2011. / Савез грађевинских инжењера и техничара Србије - Београд:, 2011. / стр.
 - 1.2. *Wind tower – Design of friction connections for assembling sections of tubular steel towers* / N.Fric, B.Gligić, J.Dobrić, Z.Marković // Journal of applied engineering science, doi:10.5937/jaes10-1670 Paper number: 10(2012)1,221, pp. 49-52
- 2 Радови у међународним часописима
 - 2.1. *Specific behaviour of thin-walled member joints with fasteners* / Z.Marković, D. Buđevac, J.Dobrić, N.Fric, M.Knežević // Građevinar 64 (2012) 3, str. 217-230 / UDK 624.014.24:69.022.5
- 3 Прилози у зборницима
 - 3.1 *Пример примене акустичке изолације у челичној конструкцији синематлекса „Ster“ у тржном центру „Delta City“ у Београду* / М. Павловић, Д. Буђевац, З. Марковић, Н. Фриц // Интернационални научно – стручни скуп Грађевинарство – наука и пракса 2008. / 03-07. март 2008. / Жабљак, Подгорица 2008. Књига 1, с 533-538.
 - 3.2 *Челична конструкција синематлекса „Ster“ у тржном центру „Delta City“ у Београду* / Н. Фриц, Д. Буђевац, З. Марковић, М. Павловић // Интернационални научно – стручни скуп Грађевинарство – наука и пракса 2008. / 03-07. март 2008. / Жабљак, Подгорица 2008. Књига 1, с 237-242.
 - 3.3 *Опита метода за прорачун бочног и торзионог извијања елемената челичних конструкција* / Н. Фриц, З. Марковић, М. Спремић // Симпозијум ДГКС 2008., / 24-26 септембар 2008. / Златибор, Београд 2008, с. 619-624.
 - 3.4 *Упоредна анализа прорачуна ексцентрично притиснутих елемената према Еврокоду 3 и ЈУС-у* / М. Спремић, З. Марковић, Н.Фриц // Симпозијум ДГКС 2008., / 24-26 септембар 2008. / Златибор, Београд 2008, с. 625-630.

- 3.5 *Design of class 4 cross section in axial compression according to Eurocode 3* / М. Павловић, Н. Фриц, З. Марковић, Д. Буђевац // 13th International Symposium 2009, Macedonian Association of Structural Engineers, Ohrid, Macedonia. с. 417-422.
- 3.6 *Носивост на смицање анкер плоче са групом еластичних чеп можданика* // М. Спремић, Н. Фриц, З. Марковић, Д. Буђевац // Интернационални научно – стручни скуп Грађевинарство – наука и пракса 2010. / 15-19. фебруар 2010. / Жабљак, Подгорица 2010. Књига 1, с. 649-654.
- 3.7 *Техно-економска анализа лаких челичних решеткастих кровних носача великог распона* / Б. Глигић, Ј. Добрић, Н.Фриц // 13. Конгрес ДГКС 2010., 22-24 септембар 2010. / Златибор, Београд 2010, с. 317-322.
- 3.8 *Analysis of stainless steel member in axial compression* / J. Dobrić, Z. Marković, M. Spremić, N. Fric // International symposium about research and application of modern achievements in civil engineering in the field of materials and structures / XXV Kongres - Tara, Oktober 19-21, 2011. str. 273-281
- 3.9 *Пројекат конструкције вишеспратне отворене јавне гараже у картуму* / З. Марковић, М. Спремић, В. Добрић, Ј. Добрић, М. Павловић, Н. Фриц // VII међународни научно-стручни скуп - „Савремена теорија и пракса у градитељству“ 14. – 15. април 2011, Бања Лука 2011.
- 3.10 *Wind towers – design of flange ring connection* / N. Fric, M. Pavlović, Z. Marković, D. Buđevac // 14th International Symposium 2011, Macedonian Association of Structural Engineer, September 28. – October 1, Struga, Macedonia.
- 3.11 *Wind tower – design of friction connections for assembling sections of tubular steel tower* / N.Fric, B.Gligić, J.Dobrić, Z.Marković // 4th International conference - Civil engineering – Science and Practice / 20-24 february 2012. / Žabljak, Podgorica 2012, стр. 869-875.
- 3.12 *Специфични проблеми код челичних конструкција ветропаркова* / З. Марковић, Н. Фриц, Ј. Добрић // 8. Међународни научни скуп Савремена теорија и пракса у градитељству / 26-28 април 2012. Бања Лука / Н.И.Г.Д Независне новине Бања Лука, Бања Лука 2012. стр. 273-288
- 3.13 *Нови концепт прорачуна алуминијумских конструкција према Еврокоду* / З.Марковић, Ј. Добрић, М. Спремић, Н. Фриц // 12. међународна научна конференција Планирање, пројектовање, грађење и обнова градитељства - ИНДИС 2012, Нови Сад 28-30. новембар 2012. стр. 47-54

1.4. Стручни рад

Након запослења на Грађевинском факултету Ненад Фриц наставља да се, поред наставно-научног рада, бави и стручним радом који подразумева учешће у изради: главних пројеката, идејних пројеката и идејних и конкурсних решења, извођачких пројеката и пројеката изведеног стања за објекте, као што су: антенски стубови за потребе мобилне телефоније, трговинско-пословни објекти, тржни и спортско-рекреативни центри, друмски и пешачки мостови, од којих је већина изведена у нашој земљи и иностранству.

Списак најзначајних стручних радова:

1. Главни пројект челичне конструкције мултифункционалног изложбеног простора Експо центар у Београду / А. Бојовић, Н. Фриц, Н. Хаџи-Антић / 2005. - изведено
2. Извођачки пројекат санације дела “бетон хале” у Карађорђевој улици у Београду / 2005 - изведено
3. Извођачки пројекат челичне кровне конструкције на аутобаси “Браћа Црномарковић” у Батајници / 2005. – изведено
4. Главни пројект антенског стуба висине 10м за мобилну телефонију Телеком - Србије на локацији Ћуприја зграда главне поште / Л. Нићин, Н. Фриц / 2006. - изведено
5. Извођачки пројекат челичне конструкције мултифункционалног тржног центра у блоку 67 на Новом Београду / 2006. – изведено
6. Допуна главног пројекта типског антенског стуба за потребе Телекома Србије ТС 30/35 висине 30 м за брзину ветра 35 м/с / З. Марковић, М. Спремић, Н. Фриц / 2007. – изведено
7. Главни пројекти типског антенског стуба за потребе Телекома Србије ТС 24/35-И висине 24 м за брзину ветра 35 м/с / З. Марковић, М. Спремић, Н. Фриц, / 2007. - изведено
8. Главни пројекти типског антенског стуба за потребе Телекома Србије ТС 45/30 висине 45 м за брзину ветра 30 м/с / З. Марковић, М. Спремић, Н. Фриц, / 2007. - изведено
9. Главни пројекти типског антенског стуба за потребе Телекома Србије ТС 62/23 висине 62 м за брзину ветра 23 м/с / З. Марковић, М. Спремић, Н. Фриц / 2007. - изведено
10. Главни пројекат типског антенског стуба ТС 65/35 - Јастребац (З. Марковић, М. Спремић, Ј. Добрић, М. Павловић, Н. Фриц), 2007.
11. Главни пројекти типског антенског стуба за потребе Телекома Србије ТС 65/35 висине 65 м за брзину ветра 35 м/с / З. Марковић, М. Спремић, Ј. Добрић, Н. Фриц, М. Павловић / 2008. - изведено
12. Главни пројекат антенског стуба висине 44 м за мобилну телефонију Телеком - Србије на локацији Пријепоље - Градина / З. Марковић, М. Спремић, Н. Фриц, И. Игњатовић, В. Коковић / 2008. – изведено
13. Главни пројекат антенског стуба висине 40 м за мобилну телефонију Телеком - Србије на локацији Прибој - Бић / З. Марковић, М. Спремић, Н. Фриц, И. Игњатовић, В. Коковић / 2008. - изведено
14. Главни пројекат реконструкције крова затвореног базена СРЦ „Ташмајдан“ у Београду / Д. Најдановић, Б. Глигић, Н. Фриц / 2008.
15. Главни пројекат санације конструкције спортске хале С.Д. „Црвена звезда“ / Д. Најдановић, Б. Глигић, М. Мурављев, Н. Фриц, И. Игњатовић / 2008.
16. Главни пројекат челичне конструкције надвожњака код „Цареве ћуприје“ (З. Марковић, Б. Глигић, М. Спремић, М. Павловић, Н. Фриц), 2008.
17. Главни пројекат санације противпожарних степеништа на зградама у улици Банијска 2, 30 и Првомајска 56 у општини Земун / Б. Глигић, М. Павловић, Н. Фриц / 2009.

18. Главни пројекат реконструкције хале монтаже stradale у пожару (ФИАТ Србија) / З. Марковић, М. Спремић, Ј. Добрић, М. Павловић, Н. Фриц / 2009. - изведено
19. Главни архитектонско-грађевински пројекат санације кровног покривача и кровне конструкције на халама каросерије, завршне обраде и монтаже у оквиру фабрике Ф.А.С. у Крагујевцу (З. Марковић, Д. Буђевац, М. Спремић, М. Павловић, Н. Фриц, Ј. Добрић) / 2010. – изведено.
20. Стручно мишљење о стању и мерама санације челичне кровне конструкције хале 12 у оквиру фабрике Фиат аутомобила Србија / З. Марковић, Н. Фриц / 2010.

2. Тема докторске дисертације

Кандидат је предложио наслов докторске дисертације:

„Теоријско и експериментално истраживање губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима“

3. Проблем и предмет истраживања

Један од највећих изазова савременог грађевинарства јесте постизање максималне индустријализације и префабрикације у процесу изградње објеката. Поред тога, смањење трошкова и поједностављење процеса одржавања имају велики утицај на оправданост и изводљивост изградње и експлоатације објеката. Скраћење рокова изградње, смањење утицаја људског фактора у процесу изградње и смањење трошкова и комплексности одржавања конструкција као што су: мостови, антенски стубови, стубови далековода, ветрогенератори и слично, има велики друштвено-економски значај. У ту сврху се континуирано развијају како нови конструктивни системи тако и нови елементи конструкција и њихове везе.

Преднапрегнути високовредни завртњеви имају незаменљиву улогу у изградњи челичних конструкција. Посебно су значајни у тарним спојевима где се њиховом применом значајно повећава отпорност динамички оптерећених конструкција на замор материјала. Преднапрезањем завртњева смичући спојеви, код којих се смичућа сила преноси смицањем тела завртња и притиском по омотачу рупе, постају тарни спојеви. Код тарних спојева смичућа сила се прихвата и преносу трењем које се јавља на контакту елемената који се везују. Интезитет оствареног трења, односно носивост оваквог споја, зависе од коефицијента трења у тарним површима и од интезитета силе преднапрезања у завртњевима. Због свега наведеног, веома је важно поуздано проценити интезитет силе преднапрезања у завртњевима у било ком тренутку у току животног века конструкције.

Досадашња истраживања показала су да губитак силе преднапрезања у високовредним завртњевима доминантно зависи од врсте и дебљине антикорозивне заштите примењене на тарним површинама. Приликом реконструкције моста „Газела“ у Београду (у току 2011. и 2012. године) први пут је за антикорозивну заштиту тарних површина примењен цинк-силикатни премаз чија примена има низ предности у односу на, до тада примењиван, поступак метализације.

Поред код нас широко примењиваних високовредних завртњева дефинисаних стандардом СРПС све већу примену у грађевинарству налазе и високовредни завртњеви код којих се навртка утискује у навој завртња у поступку уградње завртња (Ниск ВобТail). Због низа предности као што су: брза уградња, уградња са једне стране завртња, немогућност демонтаже завртња без специјалне опреме, повећана отпорност на дејство динамичког оптерећења и слично ови завртњеви користе се у

експерименталном истраживању. Један од недостатака ових завртњева је непостојање могућности да се врши дотезање завртњева. Сваки узорак има по три завртња у низу па ће се такође пратити феномен губитка силе преднапрезања у већ уграђеном завртњу у тренутку уградње преосталих завртњева у вези.

У овој дисертације кандидат ће истраживати иницијалне и дуготрајне губитке силе преднапрезања у две наведене врсте завртњева у функцији од дебљине антикорозивне заштите у тарним површинама, дужине завртња и врсте оптерећења. Један део узорака биће изложен дејству динамичког оптерећења (2×10^6 циклуса). Након спроведеног експерименталног истраживања добијени резултати ће се екстраполирати на период од 20 година. На бази добијених резултата биће изведени закључци и дефинисан прорачунски модел за одређивање носивости високовредних завртњева узимајући у обзир губитке силе преднапрезања.

4. Циљ истраживања

Рад на овој теми има за циљ:

- да се истражи оправданост примене цинк-силикатних премаза као антикорозивне заштите у тарним спојевима као и примене „Huck BobTail“ завртњева у тарним спојевима,
- да се одреди укупан губитак силе преднапрезања у високовредним завртњевима и разложи на иницијалне и временске губитке,
- да се укупан губитак силе преднапрезања разложи на делове који потичу од пузања основног материјала завртња и челичних елемента у споју, од антикорозивне заштите као и од дејства динамичког оптерећења,
- да се одреди минимална дужина завртња од које се посматрани феномен евентуално може занемарити,
- да се одреди губитак силе преднапрезања у већ уграђеном завртњу у тренутку уградње преосталих завртњева у вези,
- да се добијене вредности губитака силе преднапрезања екстраполирају на период од 20 година,
- да се дају препоруке на који начин посматрани феномен узети у обзир у поступку пројектовања челичних конструкција како би се обезбедила носивост конструкције за период од 20 година и смањили трошкови одржавања конструкција.

5. Задаци истраживања

На основу дефинисане теме, анализираних предмета и постављених циљева истраживања проистичу следећи задаци:

- Прикупити постојеће податке из литературе и извршити анализу досадашњих истраживања у области релаксације високовредних завртњева.
- Анализирати резултате постојећих сличних експерименталних истраживања.
- Дефинисати проблем.
- Припремити експериментална истраживања на начин да добијени резултати буду репрезентативну за даљу анализу.
- Извршити експериментална истраживања губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима.
- Израдити нумерички модел за симулацијау предметног проблема.
- Анализирати резултате нумеричког модела.

- Предложити прорачунски модел којим би се губитак силе преднапрезања узео у обзир у фази пројектовања конструкција.
- Извођење закључка и препорука.

6. Радна (полазна) хипотеза

Применом цинк-силикатних премаза као антикорозивне заштите у тарним површинама повећава се брзина изградње конструкција и обезбеђује адекватна заштита од корозије. Са повећањем броја елемената у тарном споју повећава се и укупна дебљина антикорозивне заштите што доводи до већег губитка силе преднапрезања у високовредним завртњевима. Уколико се довољно тачно може одредити очекивани губитак силе преднапрезања у високовредном завртњу исти се може узети у обзир у поступку пројектовања конструкције. На тај начин би се отклонила опасност да дође до губитка носивости конструкције и истовремено смањили обим и трошкови одржавања конструкција. Како је феномен губитка силе преднапрезања израженији што је завртањ краћи могуће је одредити минималну дужину завртња од које се исти може занемарити.

7. Научне методе истраживања

У раду ће се користити:

- Анализа и синтеза постојећих резултата сличних проблема из ове области.
- Експериментално испитивање.
- Симулација проблема методом коначних елемената.
- Статистичка обрада и анализа резултата.

8. Генерална структура докторске дисертације

1. Увод (дефинисање проблема, преглед постојећих техничких препорука и резултата сличних истраживања).
2. Анализа изводљивости и економске оправданости примене цинк-силикатних премаза као антикорозивне заштите у тарним спојевима као и примене завртњева са утиснутом навртком.
3. Експериментална истраживања.
4. Нумеричко моделирање методом коначних елемената.
5. Анализа добијених резултата.
6. Предлог прорачунског модела којим ће се у обзир узети губици силе преднапрезања у високовредним завртњевима.
7. Закључак и препоруке за даљи рад.

9. Научна оправданост дисертације, очекивани резултати и практична примена резултата

Примена цинк-силикатних премаза као антикорозивне заштите у тарним спојевима омогућава значајно поједностављење и убрзавање поступка антикорозивне заштите тарних спојева. Одређивање губитка силе преднапрезања у високовредним завртњевима у функцији дебљине антикорозивне заштите овај феномен учиниће предвидљивим и омогућити да се он узме у обзир у поступку пројектовања металних конструкција. Ово експериментално истраживање ће омогућити да се укупан губитак силе преднапрезања у високовредним завртњевима разложи на делове који потичу од пузања основног материјала завртња, од пузања основног материјала челичних елемената у вези и на део који потиче од примењене антикорозивне заштите. Такође,

резултати ће показати колики се губитак силе преднапрезања јавља услед дејства динамичког оптерећења на конструкције.

10. Предлог плана истраживања

- Дефинисање проблема, прикупљање података о постојећим истраживањима.
- Одређивање очекиване носивости завртњева и дефинисање неопходних параметара за дефинисање узорака за експериментално истраживање.
- Припрема и спровођење прве фазе експерименталног истраживања (пробна серија узорака).
- Систематизација и анализа добијених резултата прве фазе експерименталног истраживања. Дефинисање узорака за другу фазу експерименталног истраживања и његово спровођење.
- Систематизација и анализа добијених резултата друге фазе експерименталног истраживања.
- Статистичка анализа добијених резултата. Екстраполирање добијених резултата на период од 20 година.
- Израда нумеричког модела узорака на бази методе коначних елемената и калибрација на основу резултата спроведених експерименталних истраживања.
- Систематизација и анализа добијених резултата нумеричке анализе.
- Дефинисање препорука за узимање у обзир губитка силе преднапрезања у високовредним завртњевима при прорачуну тарних спојева.
- Извођење закључка и давање препорука за даљи рад.

11. Предлог за ментора

Сагласно израженој жељи кандидата, за коменторе се предлажу др Драган Буђевац, дипл.грађ.инж., редовни професора Грађевинског факултета Универзитета у Београду и др Зоран Мишковић, дипл.грађ.инж., доцент Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

12. Матичност предложене теме

Предложена тема је из научног поља техничко-технолошких наука. Научна област је грађевинарство, а ужа научна област је Металне конструкције.

13. Закључак комисије

Предложена тема докторске дисертације веома је актуелна како са становишта научног истраживања тако и са становишта практичне примене резултата предложеног истраживања. Проблем обезбеђивања адекватне антикорозивне заштите тарних површина али и смањења рокова изградње резултирали су применом цинк-силикатних премаза. У том контексту, истраживање губитака силе преднапрезања у различитим високовредним завртњевима у функцији дебљине антикорозивне заштите је од великог значаја.

Кандидат постављеном проблему прилази и са научног и са инжењерског аспекта. У дисертацији је предвиђена систематизација и анализа досадашњих сазнања из предметне области, сопствена експериментална истраживања и теоријска анализа (аналитичким и нумеричким методама). Добијени резултати и подаци треба да послуже као основа за процену природе и квантификацију губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима, као и за дефинисање спојева у којима се овај феномен не

може занемарити, а све са циљем смањења трошкова одржавања објеката. У том смислу, предложена дисертација поседује и неопходан оригинални научни допринос и могућност примене резултата у пракси грађевинарства – грађевинском конструкторству. Актуелност предложене тема, приступ предмету истраживања, постављени циљеви и методе истраживања, као и очекивани резултати истраживања у потпуности оправдавају избор теме ове докторске дисертације.

Својим досадашњим стручним и истраживачким радом, као и приступом постављеном проблему губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима кандидат Ненад Фриц, дипл. грађ. инж. је показао студиозност, темељност и истраживачку зрелост, па чланови комисије немају сумње у његову способност да одговори изазову овако сложене докторске дисертације.

На основу свега изнетог предлажемо Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати овај извештај и одобри **Ненаду Фрицу, дипл.грађ.инж.** израду докторске дисертације под предложеним насловом: **„Теоријско и експериментално истраживање губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима“**, а Стручном већу Универзитета у Београду да се сагласи са овим предлогом.

Београд, 22.02.2013.

Чланови комисије:

др Драган Буђевац, дипл. грађ. инж.
редовни професор Грађевинског факултета
Универзитета у Београду

др Златко Марковић, дипл. грађ. инж.
редовни професор Грађевинског факултета
Универзитета у Београду

др Душко Лучић, дипл. грађ. инж.
редовни професор Грађевинског факултета
Универзитета Црне Горе

др Зоран Мишковић, дипл. грађ. инж.
доцент Грађевинског факултета
Универзитета у Београду



**ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Булевар краља Александра 73
11001 Београд, П. фах 895
Телефон (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс (011) 337-02-23
Е пошта dekanat@grf.bg.ac.rs
Рачун 840-1437666-41
ПИБ 100251144
ПДВ 130718637

На основу члана 58. став 1. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 07.03.2013. године, донело је

ОДЛУКУ

Прихвата се извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације **Ненада Фрица, дипл.инж.грађ.**, под насловом:

**"ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА"**

Предложеној тему докторске дисертације доставити Већу научних области грађевинско–урбанистичких наука Универзитета у Београду на сагласност.

За ко-менторе су именовани редовни професор Грађевинског факултета у Београду, **др Драган Буђевац, дипл.инж.грађ.**, и **др Зоран Мишковић, дипл.инж.грађ.**, доцент Грађевинског факултета у Београду.

Одлука је донета једногласно.

ДЕКАН ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Најдановић, дипл.инж.грађ.

Доставити:

- Универзитету
- именованом
- студентској служби
- архиви

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ненада Фрица

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду број 53/13-13 од 29.01.2015. године, на основу члана 58. став 1. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, именовани смо за чланове комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ненада Фрица, дипл. грађ. инж. под насловом:

**ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ
ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСОКОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА**

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Докторска дисертација Ненада Фрица пријављена је 30. 01. 2013. године на Грађевинском факултету Универзитета у Београду под насловом „*Теоријско и експериментално истраживање губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима*“ (на енглеском језику: „*Theoretical and experimental research of losses of pretension force in high strength bolts*“). На седници Наставно-научног већа која је одржана 07. 02. 2013. године именована је комисија за пријем теме. Позитиван извештај комисије за пријем теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета 07. 03. 2013. године, а за менторе су именовани проф. др Драган Буђевац и в. проф. др. Зоран Мишковић, обојица са Грађевинског факултета Универзитета у Београду. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 28. 05. 2013. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Ненада Фрица. Одлукама Наставно-научног већа Грађевинског факултета број 53/8 од 26.09.2013. године и 53/10-13 од 11.07.2014. године кандидату је одобрено продужење статуса студента докторских студија за укупно две године, сваки пут по годину дана.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 21. 01. 2015. године.

1.2. Научна област дисертације

Тема дисертације је из научног поља техничко-технолошких наука. Научна област је грађевинарство, а ужа научна област, дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду, је Металне конструкције.

Именовани ментори испуњавају важеће критеријуме Универзитета у Београду, а референце су као што следи:

Проф. др Драган Буђевац, дипл. грађ. инж., са референцама:

1. Z. Marković, **D. Buđevac**, J. Dobrić, N. Fric, M. Knežević: *Specific behaviour of thin-walled member joints with fasteners*, Građevinar 64 (2012) 3, str. 217-230 / UDK 624.014.24:69.022.5 (M23)
2. M. Spremić, Z. Marković, M. Veljković, **D. Buđevac**: *Push-out experiments off headed shear stud in group arrangement*, Advanced Steel Construction, International Journal, ISSN 1816-112X, Vol. 9 No 2. (2013) pp. 170-191. (M23)
3. M. Pavlović, Z. Marković, M. Veljković, **D. Buđevac**: *Bolted shear connectors vs. headed studs behaviour in push-out tests*, Journal of Constructional Steel Research 88: (2013) pp. 134-149. (M21)

В. проф. др Зоран Мишковић, дипл. грађ. инж., са референцама:

1. Ivan S. Ignjatović, Snežana B. Marinković, **Zoran M. Mišković**, Aleksandar R. Savić, (2012), *Flexural behaviour of reinforced recycled aggregate concrete beams under short-term loading*, RILEM, Materials and Structures, Vol.45, No.-10, (October), pp.1-15, ISSN 1871-6873, DOI 10.1617/s11527-012-9952-9, (M21)
2. Branko Milovanović, **Zoran Mišković**, Zagorka Gospavić, Milivoj Vulić, (2011), *Modelling Behaviour of Bridge Pylon for Test Load using Regression Analysis with Linear and Non-linear process*, Geodetic journal, Croatian geodetic society, Vol.65 (88), No.3 (Sep.2011.), pp.205-220, ISSN0016-710X, UDK 624.21-21:624.042.8:528.482:004.92, (M23)
3. **Miskovic, Z.**, Pavic, A.; Reynolds, P., (2009) *Effects of full-height nonstructural partitions on modal properties of two nominally identical building floors*, Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.36, No.7 (July 2009), NRC Research Press, pp. 1121-1132(12), ISSN 1121-1132, DOI 10.1139/L09-055, (M23)
4. Pavić A., **Miskovic Z.**, Reynolds P., (2007) , *Modal Testing and Finite-Element Model Updating of a Lively Open-Plan Composite Building Floor*, (2007), ASCE – Journal of Structural Engineering, Vol.133, No-4 , pp.550-558., ISSN: 0733-9445, DOI 10.1061/(ASCE)0733-9445(2007)133:4(550), (M21)
5. Brajović Lj., **Mišković Z.**, Uskoković P., Živković I., Aleksić R. (2004) *Fatigue damage detection in composite rods using fiber optic intensity based sensors*, Materials Science Forum Edition, pp. 497-504, May 2004, ISBN 0255-5476 ISSN/ISO: Mat.Sci.For., DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.453-454.497, (M23)

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ненад Фриц рођен је 28.07.1979. године у Зрењанину, где је завршио основну школу и гимназију. Грађевински факултет Универзитета у Београду уписао је 1998. године, а

дипломирао 2004. године, одбранивши дипломски рад из области металних конструкција са оценом 10. Студије је завршио са укупном просечном оценом 8,79.

Након дипломирања запошљава се у предузећу „Монтена д.о.о.“ из Београда у којем ради као инжењер пројектант металних конструкција до октобра 2006. године. Октобра 2006. године почиње његов ангажман на Институту за материјале и конструкције Грађевинског факултета у Београду као инжењера сарадника. У новембру 2007. године Ненад Фриц уписује се на докторске студије након чега је у децембру исте године на Грађевинском факултету изабран за асистента студента докторских студија за ужу научну област Металне конструкције. Одлукама Наставно-научног већа Грађевинског факултета број 53/8 од 26.09.2013. године и 53/10-13 од 11.07.2014. године кандидату је одобрено продужење статуса студента докторских студија за укупно две године, сваки пут по годину дана.

Рад у настави на Грађевинском факултету подразумева извођење вежбања и организовање практичне наставе из предмета Технологија производње металних конструкција, Металне конструкције и Металне и дрвене конструкције. Такође, учествује у настави из још пет предмета из области Металних конструкција као и у менторском раду на изради дипломских, синтезних и мастер радова.

У свом досадашњем научно-истраживачком раду Ненад Фриц се бавио проблемима стабилности и носивости металних конструкција, а пре свега носивости веза. Учествоје у научно-истраживачком пројекту „Истраживање стања и метода унапређења грађевинских конструкција са аспекта употребљивости, носивости економичности и одржавања“. Коаутор је више научних и стручних радова из области металних конструкција који су објављени у часописима, стручним публикацијама, на конгресима и симпозијумима у земљи и иностранству. Члан је „Друштва грађевинских конструктора Србије“ (ДГКС).

Поред наставно-научног, Ненад Фриц се активно бави и стручним радом. Поседује лиценце за пројектовање и извођење објеката високоградње, а као пројектант учествовао је у изради неколико десетина идејних решења, идејних пројекта, главних пројеката и стручних мишљења за објекте као што су: антенски стубови, спортски објекти, објекти јавне намене, индустријске хале, тржни центри и друмски мостови од којих је већина изведена у земљи и иностранству.

Ненад Фриц говори и пише енглески језик. Ожењен је и отац једног детета.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација „Теоријско и експериментално истраживање губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима“, Ненада Фрица, садржи укупно 305 страна од којих је основни текст приказан на 263 стране. Дисертација је писана на српском језику. У оквиру текста дисертације налази се 167 слика и 113 табела. Списак цитиране литературе садржи 73 наслова. На почетку дисертације су дати резиме на српском и енглеском језику, са кључним речима и УДК бројем, као и биографија аутора на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упуштвима Сената Универзитета у Београду и посебним упуштвима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Основни текст разматране докторске дисертације има седам поглавља и четири прилога. На почетку текста су дате листа слика и листа табела, као и преглед коришћених ознака и скраћеница.

Након уводних разматрања о предмету истраживања, циљевима, значају и оправданости дисертације, у другом поглављу приказан је преглед стања и истраживања у посматраној области. Поглавље је подељено у два дела. У првом делу су представљени коришћени завртњевци, високоврдни „HV“ завртњевци произвођача „Peiner“ и завртњевци са закључавањем (антивандал) „Huck BobTail - НВТ“ произвођача „Alcoa Fastening Systems“, као и цинк-силикатни премаз „Resist 86“ произвођача „Jotun“. Акцент је стављен на њихове техничке карактеристике и специфичности примене у гађевинским конструкцијама. Значајна пажња посвећена је завртњевцима са закључавањем, за које је приказан хронолошки преглед развоја и усавршавања, карактеристике и начин примене. За, код нас најчешће примењивање, високовредне „HV“ завртњевице приказан је преглед важећих стандарда. Употребљени цинк-силикатни премаз представљен је са становишта произвођачки декларисаних својстава, али и кроз приказ резултата експерименталног одређивања коефицијената трења који се јављају у тарним спојевима у случају његове примене. Други део овог поглавља бави се прегледом истраживања која се односе на коефицијенте трења у тарним спојевима, зависно од врсте и дебљине антикорозионе заштите и истраживања која изучавају губитке силе преднапрезања у високовредним завртњевцима. Иако у предметним областима не постоји велики број доступних истраживања, у последњих петнаест година спроведено је неколико веома значајних, па је акценат стављен на та истраживања.

Треће поглавље представља приказ спроведених сопствених експерименталних истраживања. У првом делу су представљена уводна истраживања којима се одређују механичка својства примењених завртњевица, коефицијент трења између тела и навртке примењених „HV“ завртњевица и коефицијент трења за случај примене одабраног цинк-силикатног премаза, а затим је приказано централно експериментално истраживање којим се прате губици силе преднапрезања у високовредним завртњевцима. У овом поглављу дат је детаљан опис методе мерења силе у завртњу уградњом мерних трака у тело завртња. Посебан акценат стављен је на примењени поступак калибрације завртњевица и тумачење резултата калибрације. Детаљно је описан поступак формирања и нумерације узорака. На крају поглавља таксативно су наведени закључци који базирају на искуству спровођења веома обимног и логистички захтевног експерименталног истраживања, а који ће у многоме олакшати свако наредно истраживање на ову или сличну тему.

У четвртом поглављу извршен је приказ обрађених резултата експеримента, са вредностима силе у завртњевцима у референтним временским тренуцима. С обзиром на велики број узорака, и дуг временски период континуираног мониторинга, није приказан запис свих сакупљених резултата, већ само за ово истраживање релевантних. Исти су систематично приказани, како би се лакше разумела даља анализа.

Пето поглавље приказује анализу резултата експеримента по свим феноменима који се из њих могу разматрати. Поред статистичких метода, примењени су и постојећи аналитички изрази као и метод коначних елемената за дефинисање флексибилности спојева са високовредним завртњевцима као и за одређивање реолошких својстава примењеног премаза. Ово поглавље је кључни основ за доношење закључака и препорука.

Шесто поглавље садржи закључке и препоруке за примену добијених резултата, као и смернице за даљи научно-истраживачки рад у овој области.

Последње поглавље представља преглед коришћене литературе.

Дисертација садржи и прилоге у којима је дат лабораторијски извештај о одређивању коефицијената трења, извештај о одређивању дебљине премаза на челичним плочама, калибрационе криве за све завртњевице и дијаграми промене силе у завртњевцима у периоду од око 1800 секунди од тренутка уградње.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Актуелност докторске дисертације Ненад Фрица огледа се у одабиру актуелне теме која је мало истражена у Републици Србији, а и у свету је обухваћена малим бројем референтних истраживања. Предмет и циљеви истраживања формулисани су уважавањем тренутног стања у области, а са циљем да се дође до нових и унапреде постојећа сазнања.

Оригиналност овог истраживања огледа се у целовитом квалитативном и свеобухватном истраживању које до сада на овакав начин није спроведено у Републици Србији. Према обиму приказаног експерименталног истраживања дисертација се може сврстати у најзначајније у светским оквирима. Кроз спроведено истраживање, аутор упознаје стручну јавност са новим могућностима примене одређених материјала (цинк-силикатни премаз „Resist 86“) и спојних средстава (завртњеви са закључавање система „Nick BobTail“). Поред техничких спецификација коришћених материјала, аутор истражује и њихова специфична својства, а све са циљем да их у случају примене у тарним спојевима учини предвидим. Инжењерима у пракси пружа могућност да својства примењених материјала сагледају применом аналитичких израза, што је најбољи пут ка њиховој широј примени.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је користио референтну литературу за изучавање тарних спојева са преднапрегнутим високовредним завртњевима. Побројана литература може се поделити у неколико целина:

- референтна уџбеничка и монографска издања која аутор користи како би приказао постојеће теоријске основе које користи као основ за своје истраживање
- референтна истраживања у области одређивања коефицијената трења на тарним површинама и губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима
- референтни стандарди на које се аутор позива како би појаснио сопствена експериментална истраживања, али и правилно сагледао истраживања других аутора и
- техничке спецификације и подаци везани за коришћену опрему које аутор доследно реферише.

Важно је напоменути да су прегледом литературе обухваћена и најновија истраживања, закључно са 2014. годином.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је рад на докторској дисертацији, полазећи од синтезе и критичке анализе постојећих сазнања и резултата из литературе, засновао на сопственим експерименталним истраживањима, као и статистичким, аналитичким и нумеричким анализама.

Тежиште рада је на експерименталном истраживању и теоријско-аналитичком моделирању. Обимно експериментално истраживање подељено је на уводна и централно истраживање. Уводна истраживања састоје се од стандардних опита одређивања механичких својстава завртњева, коефицијента трења између навоја завртња и навртке код „HV“ завртњева и коефицијента трења за случај примене предметног цинк-силикатног премаза у тарним спојевима. Централно експериментално истраживање представља нестандартни опит одређивања губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима услед неколико параметара. Са обзиром да су оваква истраживања ретка и нестандартна, аутор је био приморан да поставити истраживање на основу прикупљених знања, научне интуиције и својих личних искустава. Како би могао проверити своје претпоставке, централно

истраживање поделио је у две фазе, што му је омогућило да диспозицију истраживања постављену у првој фази евентуално коригује и унапреди у наставку истраживања.

За систематизацију великог броја добијених резултата експерименталног истраживања, кандидат се користи статистичким метода уз помоћ којих изводи и неке од најзначајнијих закључака.

Поред наведеног, за потребе провере доступних аналитичких израза за флексибилност спојева са високовредним завртњевима као и дефинисање нових израза, аутор се користи нумеричким моделирање, методом коначних елемената. Моделе је калибрисао резултатима сопственог експерименталног истраживања, а из уз помоћ њих дошао до драгоцених закључака.

На крају, уз помоћ добијених резултата и аналитичких израза за флексибилност спојева са високовредним завртњевима аутор дефинише реолошка својства примењеног цинк-силикатног премаза.

Из свега наведеног, може се закључити да су за анализу спојева са преднапрегнутим високовредним завртњевима коришћене адекватне научне методе, које су правилно комбиноване и као такве дале задовољавајуће резултате.

3.4. Применљивост остварених резултата

Остварени резултати имају вема широку примену.

Одређени коефицијенти трења за случај примене предметног цинк-силикатног премаза у тарним спојевима, отварају могућност њихове широке примене, што ће имати значајне еколошке и материјалне ефекте.

Изрази за одређивање преостале силе преднапрезања у високоврдним завртњевима, у прозвольном временском тренутку, основ су за модификацију постојећих прорачунских модела чиме би се овај феномен узео у обзир.

Констатована недовољна сила преднапрезања у кратким „НВТ“ завртњевима, као и апострофирање узрока оваквог понашања, омогућавају унапређење система за уградњу предметних завртњева са циљем да се проблем превазиђе, а у међувремену ограничавају примену предметних спојних средстава.

Аналитички изрази за флексибилност коришћених завртњева драгоцени су, не само за област тарних спојева, већ и за изучавање завртњева као машинских елемената.

Дефинисана реолошка својства слојева цинк-силикатног премаза основ су за нумеричко моделирање њиховог понашања у току времена.

На основу свега наведеног, може се закључити да резултати предметног истраживања имају значајан утицај на упошљавање индустрије за произвођњу система антикорозивне заштите, заштиту животне средине и смањење потрошње електричне енергије. Примена „антивандал“ спојних средстава спречиће отуђивање имовине телекомуникационих предузећа и електропривреде (спречиће крађу елемената антенских и стубова далековода). Остварени резултати и изведени закључци омогућавају наставак истраживања са циљем унапређења постојећих прорачунских модела.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат се у оквиру своје докторске дисертације бавио изучавањем и критичком анализом доступне референтне литературе, експерименталним радом, моделирањем сложеног проблема методом коначних елемената, аналитичким моделирањем и једноставном статистичком обрадом резултата. Повезивајући различите сегменте научно-истраживачког рада успешно је решио постављене задатке. Повезивањем претходних знања, експерименталног и теоријског рада остварен је постављени циљ докторске дисертације.

Евидентно је да је кандидат Ненад Фриц, приступом проблему и начином решавања постављених задатака, показао способност за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултат предметног истраживања су закључци који представљају значајан допринос у области тарних спојева са преднапрегнутим високовррдним завртњевима. Сви научни доприноси предметног истраживања су систематизовани према феноменима на које се односе и таксативно побројани:

1. Предметним истраживањем кандидат је потврдио да је примена предметног цинк-силикатног премаза веома ефикасан начин антикорозионе заштите тарних спојева. Најбољи резултати у погледу остварених коефицијената трења на тарним површинама добијени су уградњом елемената конструкције 7 до 10 дана након наношења премаза. На тај начин, на тарним површинама остварује се коефицијент трења у границама $0,45 \leq \mu \leq 0,50$, што је довољно да се предметни спојеви могу сврстати у категорију храпавости А или Б (према важећим стандардима), а предметни премаз може примењивати и у случају изградње нових објеката.
2. Испитујући уједначеност максималних вредности силе преднапрезања остварених у поступку уградње завртњева, кандидат је закључио да су „НВТ“ повољнији од „НВ“ завртњева. На узорку од 63 завртња, за „НВТ“ завртњева коефицијент варијације максималне остварене силе преднапрезања у завртњу је 4,3 %, а за „НВ“ завртњева 8,5 %.
3. Полазећи од поделе губитака силе преднапрезања на иницијалне, краткотрајне и дуготрајне, анализирајући резултате експерименталног истраживања за укупно 126 завртњева, кандидат закључује да највећи део губитака силе преднапрезања настаје у прве две секунде након уградње „НВТ“ завртњева, односно у првих 10 секунди након уградње „НВ“ завртњева. Ови иницијални губици силе преднапрезања, који доминантно зависе од методе уградње завртњева, већи су код „НВТ“ него код „НВ“ завртњева.
4. Кандидат истражује утицај начина уградње „НВ“ завртњева на иницијалне губитке силе преднапрезања. Поређењем резултата добијених код завртњева уграђених момент кључем и код завртњева уграђених обичним кључем, закључује да су иницијални губици силе преднапрезања мањи у случају примене обичног кључа и то 18 - 28 % за завртњева дужине 50 mm, 70 mm и 90 mm.
5. У периоду од 12 часова након уградње завртњева настају краткотрајни губици силе преднапрезања. Без обзира на примењени тип завртња, утицај АКЗ на ове губитке је занемарљив. Сви испитивани завртњеви, осим „НВТ“ дужине 55 mm, након 12 часова од уградње, имали су силу преднапрезања већу од минималне прописане вредности. Сила у „НВТ“ завртњевима дужине 55 mm, била је чак 28 % мања од минималне прописане вредности, чиме је доведена у питање гранична носивост споја на проклизавање. У тренутку притезања иницијално се у „НВТ“ завртњева уноси значајно већа сила од номиналне (од 32,8 % до 38,4 %), што код најкраћих доводи до пластификације тела завртња. Због тога, у тренутку отпуштања алата за преднапрезање, повратна деформација завртња није у целости еластична, па долази до значајног иницијалног смањења силе преднапрезања у споју.
6. За примењену диспозицију узорака у експерименталном истраживању кандидат закључује да се утицај редоследа уградње високовррдних завртњева, у смислу смањења силе преднапрезања у већ уграђеним завртњевима у тренутку уградње наредног завртња, није уочљив код спојева са по три „НВ“ и „НВТ“ завртња, на међусобном растојању $3d_0$. У случају спојева дебљине 18 mm ови губици износе мање од 1 %, па се могу занемарити.

7. Утицај експлоатационог динамичког оптерећења (услед којег не долази до пластификације нити проклизавања елемената споја) на губитак силе преднапрезања у „НВТ“ и „НВ“ завртњевима може се занемарити.
8. Дугорочни губици силе преднапрезања, настали у периоду од 10 секунди до 24 недеље од уградње завртњева, израженији су код „НВ“ у односу на „НВТ“ завртњева.
9. Значајан део дугорочних губитака силе преднапрезања потиче од пузања слојева цинк-силикатног премаза. На бази резултата регистрованих на 128 завртњева, аутор закључује да удео губитака силе преднапрезања услед пузања слојева цинк-силикатног премаза износи око 50%.
10. Аутор је извео изразе за промену губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима у току времена и на тај начин омогућио проценити њихове вредности у било ком тренутку у току експлоатације конструкције.
11. Као показатељ нивоа остварене силе преднапрезања у високовредним завртњевима, у произвољном временском тренутку, аутор дефинише коефицијент ξ који представља однос силе преднапрезања у високовредном завртњу и њене минималне прописане вредности. Изведени су изрази за промену коефицијента ξ у току времена, чијом применом је могуће одредити вредност преостале силе преднапрезања у било ком временском тренутку током експлоатације конструкције.
12. Екстраполацијом усвојене би-линеарне зависности између коефицијента ξ и дужине завртња L , на читав опсег дужина примењених завртњева, аутор закључује да је феномен губитка силе преднапрезања у високовредним „НВ“ и „НВТ“ завртњевима занемарљив за завртњева дужине веће или једнаке од 95 mm.
13. Нумеричком анализом, применом методе коначних елемената, модификовани су постојећи изрази за флексибилност „НВ“ завртњева, дати у стандарду „VDI 2230, Part 1: Systematic calculation of high duty bolted joints – Joints with one cylindrical bolt“. Такође, за „НВТ“ завртњева дефинисани су изрази за флексибилност појединих делова завртња, као и споја у целини. Овакви изрази нису постојали до сада у литератури.
14. На основу дефинисаних израза за флексибилност „НВ“ и „НВТ“ завртњева и резултата сопствених експерименталних истраживања, аутор дефинише изразе за промену укупне дилатације цинк-силикатног премаза у споју, кроз време. Добијене вредности односе се на период након првих десет секунди од достизања максималне вредности силе преднапрезања у завртњевима, па не обухватају иницијалне дилатације слојева цинк-силикатног премаза.
15. Вредност укупне дилатације премаза у споју не зависи од пречника завртња, док је утицај дужине завртња веома мали, са обзиром да се доминантан део дилатације реализује испод навртки „НВ“ завртњева, односно испод главе и ножице чауре „НВТ“ завртњева. Укупна дилатација слојева цинк-силкатног премаза у споју доминантно зависи од броја заштићених површина тј. од укупне дебљине премаза у споју.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Од таксативно наведених научних доприноса могу се издвојити они који на посебан начин унапређују постојећа знања у области.

Цинк-силикатни премази, чију примену у тарним спојевима, између осталих, омогућава и ово истраживање, представљају јефтинији, еколошки прихватљивији и бржи систем антикорозионе заштите тарних површина у односу на остале примењиване системе заштите. Посебан допринос представљају коефицијенти трења одређени десет дана након наношења премаза што квалификује примену овог премаза и у случају изградње нових конструкција. Досадашња примена у нашој земљи била је само за реконструкцију и санацију постојећих објеката.

Закључак о могућности занемаривања утицаја експлоатационог динамичког оптерећења на губитак силе преднапрезања у високовредним завртњевима од посебног је значаја јер кроз

критички осврт на нека од постојећих истраживања доноси нова знања, другачија од до сада постојећих.

Овим истраживањем потврђено је да се код „НВТ“ завртњева мале дужине не може остварити гарантована сила преднапрезања. Помак у истраживању направљен је нумеричким моделирањем које је омогућило да се овакво понашање објасни и дају смернице за његово евентуално решење.

Квантификовање дугорочних губитака силе преднапрезања у високоврним завртњевима који потичу од пузања слојева синк-силикатног премаза, представља значајан допринос са обзиром да у досадашњим истраживањима није било „еталонских“ узорака који би омогућили овакве закључке.

Дефинисање законитости промене коефицијента ξ , који представља однос преостале и минималне, стандардом прописане, силе преднапрезања у високоврним завртњевима, у произвољном временском тренутку, по први пут омогућава процену преостале силе преднапрезања у завртњу за период од 20 година, што је веома важно са аспекта пројектовања и одржавања челичних конструкција. У првом случају омогућава да се проблем недовољне силе преднапрезања предупреди, а у другом да се програм одржавања конструкције (притезање „НВ“ завртњева) прилагоди реалним потребама.

Одређивање граничне дужине предметних завртњева (односно дебљине стезног пакета) од које се феномен губитка силе преднапрезања може занемарити, од посебног је значаја, пре свега што је таква гранична дужина први пут одређена и што се захвљујући њој фокус наредних експерименталних истраживања може поставити на мањи опсег дужина завртњева.

Модификовање постојећих израза за флексибилност спојева са „НВ“ завртњевима и дефинисање израза за флексибилност спојева са „НВТ“ завртњевима представљају драгоцен допринос аналитичом изучавању ове области. На овај начин стручна јавност упознаје се са карактеристикама производа који се још увек не користе масовно („НВТ“ завртњеви), што ће инжењерима олакшати разумевање понашања предметних завртњева и олакшати њихову примену.

Дефинисање реолошких својстава слојева примењеног цинк-силикатог премаза по први пут даје основ за њихово нумеричко моделирање.

4.3. Верификација научних доприноса

Категорија М23:

1. Z. Marković, D. Buđevac, J. Dobrić, **N. Fric**, M. Knežević: Specific behaviour of thin-walled member joints with fasteners, *Грађевинар*, 64 (2012) 3, str. 217-230, (IF₂₀₁₂=0,105) (UDK 624.014.24:69.022.5)

Категорија М31:

1. З. Марковић, **Н. Фриц**, Ј. Добрић: Специфични проблеми код челичних конструкција ветропаркова, 8. *Међународни научни скуп Савремена теорија и пракса у грађевинарству*, Бања Лука, 26-28 април 2012., Н.И.Г.Д Независне новине Бања Лука, Бања Лука 2012. стр. 273-288

Категорија М33:

1. **N. Fric**, M. Pavlović, Z. Marković, D. Buđevac: Wind tower - design of flange ring connection, *14th international symposium of Macedonian Association of Structural Engineers*, Struga, Macedonia, 28.09-01.10 2011., Volume 1, pp. 259-264
2. **N. Fric**, B. Gličić, J. Dobrić, Z. Marković: Wind tower – design of friction connections for assembling sections of tubular steel tower, *4th International conference - Civil engineering – Science and Practice*, Žabljak, Montenegro, 20-24 February 2012., pp. 869-875.
3. **N.Fric**, D. Budjevac, Z.Marković, J. Dobrić, J. Isaković: Huck bobtail fastening system – new solution for high-strength lockbolts, *5th International Conference Civil Engineering – Science*

and practice, Žabljak, Montenegro, 17-21 February 2014., ISBN 978-86-82707-23-3, pp. 791-798

4. **N. Fric**, D. Buđevac, M. Veljković, Z. Mišković, Z. Marković, J. Isaković: Test arrangement for measurements of the pretension force in high strength bolts, *Eurosteel 2014*, Naples, Italy, 10-12 September 2014., pp. 285-286.

Категорија M51:

1. **N. Fric**, B. Gligić, J. Dobrić, Z. Marković: Wind tower – Design of friction connections for assembling sections of tubular steel towers, *Journal of applied engineering science*, doi:10.5937/jaes10-1670, Paper number: 10(2012)1,221, pp. 49-52
2. **N. Fric**, D. Budjevac, Z. Marković, J. Dobrić, J. Isaković: Huck bobtail fastening system – new solution for high-strength lockbolts, *Journal of Applied Engineering Science*, Vol 12. No 1 (2014) doi:10.5937/jaes12-5611/ Paper number: 12(2014)1, 271, pp. 23-28

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега претходно изнетог Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Ненада Фрица, дипл. грађ. инж. под насловом „Теоријско и експериментално истраживање губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима“ представља оригинални научни рад који има значајан научни и стручни допринос у области грађевинарства. Резултати истраживања имају практичну примену, а могу да послуже и као основ за проширење постојећих прописа из области граничне носивости тарних спојева и као основ за будућа научна истраживања у овој области.

Сходно претходном, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Теоријско и експериментално истраживање губитака силе преднапрезања у високовредним завртњевима“ кандидата Ненада Фрица прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Драган Буђевац, редовни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
др Зоран Мишковић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
др Златко Марковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
др Душко Лучић, редовни професор
Универзитет Црне Горе, Грађевински факултет



ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Булевар краља Александра 73
11001 Београд,
П. фак 39-42
Телефон (011) 321-86-06, 337-01-02
Телефакс (011) 337-02-23
Е пошта dekanat@grf.bg.ac.rs

На основу члана 58. став 2. тачка 23. Статута Грађевинског факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Грађевинског факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној дана 19.03.2015. године, донело је

ОДЛУКУ

Прихвата се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Ненада Фрица, дипл.инж.грађ.**, под насловом:

„ТЕОРИЈСКО И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСТРАЖИВАЊЕ ГУБИТАКА СИЛЕ ПРЕДНАПРЕЗАЊА У ВИСOKОВРЕДНИМ ЗАВРТЊЕВИМА”

Процедура стицања научног степена доктора наука спровешће се у складу са Законом о високом образовању ("Сл.гласник РС", бр.76/05,100/07-аутентично тумачење, 97/08 и 44/10 и 93/12), општим актом Универзитета и Правилником о докторским студијама Грађевинског факултета у Београду.

Веће научних области грађевинско - урбанистичких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 28.05.2013. године, дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

У току израде докторске дисертације објављен је један рад у научним часописима са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

1. Specific behaviour of thin-walled member joints with fasteners / Z. Marković, D. Buđevac, J. Dobrić, N. Fric, M. Knežević // Građevinar 64 (2012) 3, str. 217-230 /UDK 624.014.24:69.022.5 ,M23

Одлука је донета једногласно.

в.д. ДЕКАНА ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Бранко Божић, дипл.инж.геод.

Доставити:

- Универзитету
- Студентској служби
- архиви
- именованом

Z.Marković, D.Buđevac, J. Dobrić, N. Fric, M. Knežević: Specific behaviour of thin-walled member joints with fasteners, Građevinar, 64 (2012) 3, str. 217-230, UDK 624.014.24:69.022.5