

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

832/5
(Број захтева)

21.08.2012.године
(Датум)

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ДАНИЛА (МИЛОШ) ПЕТРАШИНОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ДАНИЛО (МИЛОШ) ПЕТРАШИНОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА

Универзитет је дана 01.10.2010. год. својим актом под бр. 11/612-3397-2/10 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ДАНИЛА (МИЛОШ) ПЕТРАШИНОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 07.05.2012. године, одлуком факултета под бр. 832/1, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Бошко Рашуо	Редовни професор	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
2. Др Слободан Ступар	Редовни професор	Ваздухопловство	Машински факултет Београд
3. Др Слободан Гвозденовић	Редовни професор	Ваздухопловство	Саобраћајни факултет Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 12.07.2012. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 823/4
Датум: 12.07.2012. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Бошко Рашуо, ментор, проф.др Слободан Ступар, проф.др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд о оцени докторске дисертације „Анализа заморног века елемената носеће металне конструкције крила авиона“ докторанта мр Данила Петрашиновића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 12.07.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“** докторанта **МР ДАНИЛА ПЕТРАШИНОВИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У
БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
мр Данила Петрашиновића, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 832/1 од 07. 05. 2012. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Данила Петрашиновића, дипл. инж. машинства, под називом: „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“, о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Данила Петрашиновића, дипл. инж. маш., под насловом „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ изложена је на 133 стране. Садржи а списак коришћене и цитиране литературе на 6 страна. Дисертација садржи и стране са посветом и изјавама захвалности.

1.2. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Данило Петрашиновић дипл. инж. машинства, пријавио је израду докторске дисертације 10.05.2010. год., под бројем 751/1 Катедри за ваздухопловство Машинског факултета у Београду. Кандидат је за ментора предложио редовног професора др Бошка Рашуо. Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације је 30.08.2010. год. поднела извештај бр. 751/3 Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду. На основу пријаве кандидата и предлога Катедре, одлуком ННВ бр. 751/4 од 02. 09. 2010. год., прихваћен је предлог Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме у саставу: ментор, проф. др Бошко Рашуо, проф. др Слободан Ступар и проф. др Слободан Гвозденовић, са Саобраћајног факултета у Београду.

Комисија је поднела извештај у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ наводећи да кандидат испуњава законске услове за израду докторске дисертације, и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом докторанда мр Данила Петрашиновића,

дипл. инж. маш. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 02. 09. 2010. год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност којом се одобрава рад на теми докторске дисертације „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“, под менторством редовног професора др Бошка Рашуо (одлука бр. 11/612-3397-2/10). На основу одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и именовању ментора, а на основу сагласности Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, декан Машинског факултета у Београду је 14. 10. 2010. год. донео закључак бр. 1704/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ кандидату мр Данилу Петрашиновићу, дипл. инж. маш..

О завршетку докторске дисертације „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“, ментор др Бошко Рашуо, ред. проф. обавестио је Катедру за ваздухопловство, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 832/1 од 07.05.2012. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: ментор, др Бошко Рашуо ред. проф., др Слободан Ступар ред. проф. и др Слободан Гвозденовић ред. проф. са Саобраћајног факултета у Београду.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 10.05.2012. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата мр Данила Петрашиновића дипл. инж. маш. под називом „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ и усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр. 832/2 од 10.05.2012. године).

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ припада области техничких наука, односно машинству, и ужој научној области Ваздухопловство.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Данило Петрашиновић је рођен 26.08.1960. године у Врњачкој бањи, Република Србија. Гимназију природно-математичког смера завршио је у образовном центру “Прва Петолетка” у Трстенику 1979. године. Исте године је уписао и Машински факултет у Београду а дипломирао је 24.01.1984. године на групи за аерокосмотехнику са средњом оценом 8.99 и дипломским радом из Прорачуна структура летелица оцењеном оценом 10. Од 1985 до 1986 запослен је као сарадник приправник на катедри за железничко машинство, а затим као асистент приправник на катедри за ваздухопловство, а од 1998 као асистент на предмету Чврстоћа летелица катедре за ваздухопловство.

У протеклом периоду учествовао је у великом броју истраживачких пројеката у оквиру катедре за ваздухопловство као и на катедри за железничко машинство.

Од избора у звање асистента Данило Петрашиновић са запаженим успехом одржава све видове вежби из предмета Чврстоћа летелица, Прорачун структура летелица, Структурална анализа као и на истим предмету у ВТВА у Жаркову где држи вежбе и на предмету Чврстоћа ваздухопловног наоружања. Држао је вежбе и из предмета Теорија еластичности, Аероеластичност, Конструкција летелица и Машинских елемената.

Био је члан великог броја комисија за одбрану дипломских радова. Његов рад одликује изузетно одговоран однос према наставним обавезама као и коректан однос према студентима. Посебну пажњу у свом раду посвећује експерименталном раду, како са студентима тако и везано за сарадњу са привредом. Упоредо са овим учествује на пројектима и њиховој реализацији из области процесне опреме и примењене уљне хидраулике и пнеуматике.

2. Опис дисертације

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Данила Петрашиновића, дипл. инж. маш., под насловом „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ изложена је на 133 страница а списак коришћене и цитиране литературе на 6 страна. Дисертација садржи следећих осам поглавља:

- Увод
- Појам замора и основни термини при проучавању заморних карактеристика
- Метални материјали за израду крила
- Примена механике лома при процени степена раста заморне прслине и преостале чврстоће делова
- Основни принципи пројектовања ваздухопловних конструкција везаних за замор
- Пројектовање детаља крила отпорних на замор
- Прорачун раста прслине
- Експериментално одређивање заморног века носећих елемената металног крила авиона изложених цикличном оптерећењу
- Закључак

Дисертација садржи 83 слике и 53 једначине.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ састоји се из осам поглавља.

У **првом поглављу**, као и у оквиру науке о материјалима, замор је дефинисан као прогресивно, локално и трајно структурално оштећење које се јавља када је материјал изложен дејству цикличног оптерећења чија је номинална вредност много мања од статичке чврстоће дефинисане за тај материјал, тако да, као последицу имамо могућност појаве заморног лома и за релативно ниске вредности напона, ако је материјал био довољно дуго изложен дејству истих. Такође, поред нивоа оптерећења, постоји још читав низ параметара који утичу на замор конструкције, а који су често у врло сложеној међусобној зависности, што знатно отежава могућност предвиђања понашања конструкције а самим тим и појаве лома. Данас постоји велики број теорија које се баве проценом утицаја заморних параметара, али се резултати свих њих, из већ наведених разлога, узимају са одређеним степеном сигурности. Анализа ваздухопловних структура у оквиру овог рада је базирана на механици линеарно-еластичног лома одн. фактору интензитета напона који описује напонско-деформационо стање у околини врха прслине.

У оквиру **другог поглавља** дисертације представљен је појам замора, основни термини, ознаке и системи означавања који се односе на замор који се јавља не само услед дејства оптерећења са константном амплитудом, него и на замор који се јавља услед дејства оптерећења променљиве амплитуде. Такође, ово поглавље представља увод у концепт толеранције оштећења и тзв. безбедне и сигурне структуре. У оквиру овог поглавља, уведена је и хипотеза једноставног кумулативног оштећења тзв. Палмгрен-Мајнерова хипотеза која је у односу на многе методе које се користе ради предвиђања заморног века и даље највише у употреби управо због своје једноставности, практичности и задовољавајуће тачности.

Треће поглавље анализира неке од савремених материјала који се данас највише користе у ваздухопловству, као и карактеристике које се користе ради поређења истих.

Анализа је усмерена на карактеристике кривих напон-издужење које дефинишу функцијоналну зависност издужења и примењеног оптерећења по јединици попречног пресека. У овом поглављу су дефинисани главни критеријуми избора материјала као и најважније карактеристике материјала који су тренутно најзаступљенији у ваздухопловству (када су у питању метали).

У путничкој авијацији и војном транспорту примена алуминијумских легура у изради структуре још увек износи око 80 %. Избор материјала се не заснива само на бази његове чврстоће, него и на основу доказане способности да издржи мања оштећења настала приликом рада без угрожавања сигурности летелице. Преостала чврстоћа након оштећења је један од најзначајнијих критеријума при избору материјала, јер је оштећење које настаје услед замора главни проблем због тешкоћа његовог детектовања и услед значајног смањења чврстоће носећих, критичних (главних) компоненти ваздухоплова.

Четврто поглавље анализира примену теорије механике лома у сврху процене степена раста заморне прслине и заостале чврстоће металних носећих структурних елемената ваздухоплова. Дати су темељни принципи и појмови концентрације напона, фактора интензитета напона, ломне жилавости и заостале чврстоће који представљају основне параметре који служе за процену заморног века носеће структуре металног крила авиона. Такође, обрађена је и практична примена Р-криве која се користи за дефинисање ломне жилавости елемената металне конструкције крила авиона. Фактор интензитета напона је основни параметар на коме је базирана механика лома, он описује напоско-деформационо стање у околини врха прслине која је проузрокована дејством спектра оптерећења или постојањем заосталих напона у носећој структури. До лома у носећој структури ће доћи када напони и издужења достигну критично стање које је описано ломном жилавошћу материјала и стањем деформације или стањем напона. Преостала чврстоћа носећих структурних елемената са присуством прслине је функција механичких карактеристика материјала, дужине прслине и саме конфигурације компонената.

У оквиру **петог поглавља** истраживани су основни принципи пројектовања носећих ваздухопловних елемената везаних за замор. Поглавље обрађује утицај и значај процене заморног оптерећења и дозвољених напона (које укључује између осталог адекватан избор материјала, начин повезивања и елементе за повезивање) на носивост и радни век ваздухопловних конструкција. Такође, у том контексту, истражен је и утицај адекватног избора производних технологија које се користе при изради носећих делова. Поред тога, детаљно је анализиран утицај спектра циклуса заморног оптерећења на основу кога се може проценити реални век ваздухопловних конструкција. Добијени резултати се могу верификовати и кориговати само на основу података који би били добијени испитивањем у лету. Број напонских циклуса који ће неки део издржати без лома може се повећати, само са смањењем нивоа напона, а у случају неких материјала са изузетним карактеристикама на замор, се може очекивати и "бесконечно" дуг заморни век, под условом да је ниво напона довољно низак. Ипак, у највећем броју случајева, из разлога смањења масе, структуре у ваздухопловству се пројектују за коначан заморни век. Одступања од процењеног средњег напонског спектра оптерећења и одговарајућег средњег века до лома (процењеног или добијеног тестовима) анализирају се симултано услед могућег расипања и грешака у процени с једне стране, и могућег прогресивног оштећења услед замора с друге стране. Ова могућа одступања се узимају у обзир преко тзв. фактора века конструкције. Вредност овог фактора се креће између 2 и 10, у зависности од типа конструкције, начина деловања оптерећења као и процене животног века (нпр. да ли је у питању тест или прорачун), као и одређених искуствених показатеља везаних за ефекат размере и др. У овој анализи врло значајан је и утицај концентрације напона и трења на заморни век и обавезно се морају узети у разматрање. Отуда је и тачно процењени заморни век неког носећег елемента врло значајан и зависан је од степена раста прслине, па је и само разматрање степена раста прслине и ломне жилавости од изузетног значаја. Да би се тачно дефинисао дозвољени напон и потебне димензије носећих елемената потребно је комбиновати податке о процењеном заморном оптерећењу са релевантним подацима који су добијени на основу

заморних тестова. У одсуству истих, у циљу процене заморног века, може се користити тзв. степен кумулативног оштећења.

У Шестом поглављу се истражује утицај извора концентрације напона на заморне карактеристике носећих елемената ваздухопловних конструкција. У оквиру овог поглавља су дати примери адекватних и неадекватних решења која се могу јавити у пракси. Такође, значајна пажња је поклоњена и важним питањима која се односе на квалитет израде детаља, као што су: жљебови, ивице оштрих углова и њихов утицај на правилну расподелу оптерећења с обзиром на њихов велики значај када је у питању смањење концентрације напона. Овакви конструкцијски детаљи често имају већи значај и од спектра оптерећења и од нивоа радног напона што може довести и до врло великог раскорака у нивоу процене радног века анализираних носећих елемената. Летелице неизбежно садрже велики број отвора, шавова, окова, ојачања и сличних сингуларних решења која доводе до прекида у континуитету материјала. Потребно је дефинисати једноставна решења којима се избегавају овакви прекиди у материјалу, а да ипак буду испуњени основни захтеви пројектовања ваздухопловних конструкција. Познато је да под дејством статичког оптерећења, услед пластичности, код већине материјала долази до смањења локалне концентрације напона и од виталног је значаја, да се правилним пројектовањем носеће структуре под дејством заморног оптерећења умањи могућност појаве концентрација напона. Такође, треба обратити пажњу на то да дозвољени напони могу варирати у зависности од одређених конструкционих карактеристика елемента. У овом поглављу су наведена извесна правила која би се могла примењивати у пројектовању детаља која су од великог значаја кад је у питању смањење концентрације напона. На пример, елементи би требали да буду што симетричнији, наравно, са узимањем у обзир и правца у ком дејствује оптерећење. У случајевима када је значајан мањак симетрије неизбежан, потребно је обратити посебну пажњу на могуће последице локалног савијања елемената и извршити потребне корекције. Потребно је такође избегавати нагле промене у пресецима и обезбедити постепено сливање у пресецима свих интегралних структуралних елемената. Ако постоје нагле (степенасте) конусне промене у спојевима, потребно је користити што постепеније промене у пресецима да би се умањили нежељени ефекти. Такође, треба избегавати и све оштре углове и ивице на носећим елементима структуре летелица.

У седмом поглављу дати су резултати моделирања лома материјала помоћу раста прслине услед замора. Детаљно је дефинисано и истражено напонско стање око врха прслине у изотропном, линеарно-еластичном телу и дате су основне једначине за дефинисање фактора интензитета напона као и напона и померања у близини врха прслине. Представљени су и услови под којима се линеарна еластична механика лома може применити у пројектовању конструкција изложених замору, као и резултати аналитичког одређивања фактора интензитета напона за неколико изабраних случајева носећих структура. У оквиру овог поглавља анализирани су и области раста заморне прслине, с тим што је области II (тзв. Парисовој области) посвећена највећа пажња. Наведене су данас најчешће коришћени алгоритми за одређивање брзине раста прслине у Парисовој области. У седмом поглављу, такође, је дат и нумерички пример анализе ширења заморне прслине у сложене дуралуминијумске носеће елементе (рамењачи) крила авиона у циљу поређења са добијеним експерименталним резултатима. Прорачуни су спроведени у софтверском пакету Abaqus који је један од ретких са уграђеном подршком за ПМКЕ.

Осмо поглавље доноси резултате експеримента. Због сложености геометрије самог модела – модел носећег елемента није могао бити проверен ни на који други начин него експериментално. Један од циљева нумеричке симулације и експеримента (као и целог доктората) био је истраживање заморног века рамењаче авиона која је израђена од дуралуминијума 2024-T3. У осмом поглављу дат је детаљан опис апаратуре коришћене у самом експерименту, спектра оптерећења којем је рамењача била изложена, хемијске структуре легуре од које је рамењача направљена, као и заморних карактеристика 2024-T3 важних за прорачун. Поред тога, да би се могло извршити што прецизније поређење

результата експеримената и вредности добијених нумеричким симулацијама, у програму Ansys је направљен веран модел рамењаче и елемената везе како би се добила релевантна процена века (тј. броја циклуса) до настанка прслине. Симулирање раста прслине у тродимензионалној рамењачи спроведено у Abaqus-у и добијене вредности брзине ширења прслине се доста добро поклапају са вредностима добијеним у експерименту. Виртуелна прслина се једно време ширила на начин скоро идентичан ширењу стварне прслине, да би затим почела да се креће различитом путањом од оне у експерименту, што је објашњено постојањем заосталих затезних напона у појасевима стварне рамењаче. Међутим, прорачунски заморни век добијен у Abaqus-у и експериментални заморни век се не разликују много (око 10%), што се – узимајући у обзир и статистичку природу замора може сматрати доста добрим поклапањем експерименталне и прорачунске вредности.

Теза завршава **закључком** у коме су наведени њени главни резултати. Указано је и на могуће правце даљег истраживања заморног века носећих елемената металног крила авиона.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ даје савремен и оригиналан приступ разматрању проблематици замора структурних елемената. Кандидат је у анализи заморног века носећих елемената металног крила авиона користио и нумерички и експериментални приступ, при чему је показао велику способност да из невелике постојеће литературе о проширеној методи коначних елемената изабере оно што је најзначајније за израду дисертације. Његова жеља да тезом да допринос верификацији најсавременије методе симулације ширења тродимензионалних прслина је довела до тога да је морао да се упозна са софтвером који није користио раније, те да овлада експерименталним техникама помоћу којих је једино могуће проверити вредности добијене нумеричким приступом. Резултат ових напора је приказан у седмом поглављу које је и најзначајнији део дисертације, јер је у оквиру њега – поређењем нумеричких и експерименталних резултата – успешно верификована потпуно нова методологија анализе раста прслине у сложеним носећим структурама. На основу експерименталних вредности добијених коришћењем најмодерније мерне и аквизиционе технике, као и сложене обраде мерних резултата, добијена су и оригинална тумачења појаве и ширења прслине услед замора у носећој ваздухопловној структури типа рамењаче, која могу бити од великог значаја за све истраживаче који се овом проблематиком баве. У научне доприносе можемо убројити и резултате оригиналних нумеричких симулација представљене у шестом поглављу, за које у отвореној литератури не постоје докази да су их и други аутори добили истом методом. Све резултате у тези су пратили зрели научни и инжењерски закључци, што доприноси томе да се дисертација може оценити веома успешном

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература из области замора материјала, нумеричких метода и симулације ширења заморне прслине у носећим структурама. Ова литература је кандидату послужила као полазна основа за формирање прегледа постојећих аналитичких и нумеричких истраживања везаних за област замора, као и за припрему експеримената за верификацију вредности добијених прорачуном. На тај начин дат је релевантан приказ постојећег стања у областима којој припадају проблеми решени у докторској дисертацији. Коришћена литература је избор савремене и актуелне литературе која осим прегледа постигнутих резултата указује на могуће правце даљег научног рада.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У докторској дисертацији је, у циљу истраживања заморног века носећих елемената металног крила, коришћен већи број савремених научно-истраживачких метода, које су примењиване сходно типу проблема који је решаван. У њих можемо убројити следеће: методу моделирања и симулације (које су омогућиле анализу реалних проблема у виртуелном окружењу), методу коначних елемената и проширену методу коначних елемената (које су омогућиле одређивање напонско-деформационог стања и вредности фактора интензитета напона у тачкама фронта прслине), методу верификације (засновану на поређењу експерименталних и нумеричких вредности) и методу експертског мишљења. Адекватност примењених метода оправдана је потврдом тачности добијених резултата, њиховим поређењем са експерименталним резултатима или вредностима доступним у литератури.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Резултати докторске дисертације поред научне вредности имају и широку практичну примену, пре свега у прорачунима века носећих структура изложених замору. Остварени резултати омогућавају одређивање приближног места настанка прслине на носећим структурама још у фази пројектовања, као и брзину њеног ширења под дејством произвољног или стандардног спектра оптерећења. Резултати нумеричких симулација сложене носеће структуре верификовани су поређењем са експерименталним резултатима, док су резултати симулација ширења прслине на стандардним и нестандартним епруветама упоређени са резултатима доступним у литератури. При томе је остварено врло добро слагање вредности.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да успешно влада научним и истраживачким методама. Поседује широко радно искуство и теоријско знање потребно за даљи успешан научно-истраживачки рад.

4. Остварен научни допринос

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Основни научни допринос дисертације јесте експериментална и аналитичка верификација проширене методе коначних елемената (ПМКЕ) која значајно побољшава процес моделирања раста прслине у структури, уклањајући потребу за променом мреже коначних елемената након сваког корака ширења прслине. Остварени научни допринос докторске дисертације „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ је вишеструк:

- врло прегледно је приказана сама проблематика замора материјала, као и најновије методе одређивања заморног века конструкције, чиме је јасно указано на актуелност проблема који су решавани у тези;
- предложена је и експериментално верификована нова методологија одређивања укупног заморног века сложене носеће структуре која се састоји од дефинисања нумеричког модела структуре, његовог „излагања“ спектру променљивих оптерећења, процене броја циклуса спектра који ће довести до појаве оштећења, затим моделирања прслине и њеног ширења кроз модел, те одређивања броја циклуса који ће довести до коначног лома напрсле структуре;

- развијен је оригиналан и ефикасан систем за испитивање конструкција на замор који је у тези детаљно описан и који ће и другим истраживачима послужити за верификацију њихових модела.

4.2. Верификовани научни доприноси

Кључни резултати и научни допринос докторске дисертације су верификовани у научном часопису са SCI листе:

Petrašinović D., Rašuo B., Petrašinović N., Extended finite element method (XFEM) applied to aircraft duralumin spar fatigue life estimation, **Tehnički vjesnik/Technical Gazette**, (2012), No. 3, Vol. 19 (Прихваћено за штампу). **SCI - IF: 0.347.**

Такође, научни допринос докторске дисертације је верификован и радовима објављеним у саопштењима на конференцијама и научним извештајима током вишегодишњег истраживања, од којих су најзначајнији:

Радови објављени у целини у зборницима конференција

=====

1. А. Грбовић, Д. Шкатарић, **Д. Петрашиновић**, Напредне технике моделовања у програмском пакету Catia v5.8., ЈУПИТЕР 2003.
2. Н. Петрашиновић, **Д. Петрашиновић**, З. Постељник, Ј. Сворцан, Примена напредних софтверских алата за развој млинског кола од концепта до готовог производа, 37. ЈУПИТЕР конференција (33. НУ РОБОТИ ФТС симпозијум), ИСБН 978-86-7083-724-9, стр. 3.42-3.46, Машински факултет у Београду, 2011.
3. Н. Петрашиновић, **Д. Петрашиновић**, З. Постељник, С. Тривковић, Концептуални дизајн хеликоидне ветротурбине са вертикалном осом обртања, 37. ЈУПИТЕР конференција (25. Симпозијум CAD/CAM,), ИСБН 978-86-7083-757-7, стр. 2.74-2.78, Машински факултет у Београду, 2012.

Научни извештаји – саопштења ограничене циркулације:

=====

4. И. Кривошић, **Д. Петрашиновић**, А. Грбовић, Д. Шкатарић, Формирање аквизиционог система за потребе локалне аутоматизације Власинских хидроелектрана. Машински факултет, Београд, 2002.
5. И. Кривошић, **Д. Петрашиновић**, Развој и ревитализација производних капацитета, избор и пројекат оптималног, извозно оријентисаног програма ваздухопловне индустрије Србије, Пројекат Министарства за науку, технологије и развој Републике Србије, 2002.год.
6. И. Кривошић, **Д. Петрашиновић**, А. Грбовић, Д. Шкатарић, Разрада система за мерење и аквизицију вибрација за хидроагрегат ХЕ Врла ИВ. Машински факултет, Београд, 2003.
7. Р. Томић, И. Кривошић, **Д. Петрашиновић**, А. Грбовић, Прилог разматрању могућности развоја фамилије лаких авиона у Србији, Машински факултет, Београд 2003.
8. И. Кривошић, **Д. Петрашиновић**, А. Грбовић, Испитивање силотермометар сајле са монтираном носећом главом типа ТП-8; Машински факултет, Београд, 2004.

9. Б. Рашуо, **Д. Петрашиновић**, ет ал, Основне карактеристике ресурса ветра, Машински факултет, Београд, 2004,.
10. Б. Рашуо, **Д. Петрашиновић**, ет ал. Распољиви подаци о ресурсима ветра у Европи, Машински факултет, Београд, 2004,
11. Б. Рашуо, М. Динуловић, А. Бенгин, **Д. Петрашиновић** ет ал., Дефинисање методологије за мониторинг енергетског потенцијала ветра у реалним условима, Машински факултет, Београд, 2004,
12. В. Rašuo, **D. Petrašinović** et al., The Feasibility Study and Designing a Demo-Version of Wind Farm, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, 2005.,
13. Б. Рашуо, **Д. Петрашиновић**, Имплементација потребне методологије и опреме за мониторинг енергетског потенцијала ветра на висинама преко 40 метара на микро локацији корисника пројекта, тј. СО Вршац – Војводина, Машински факултет, Београд, 2005.
14. Б. Рашуо, М., Динуловић, **Д. Петрашиновић** ет ал., Симулација (у Катији) и постављање једног или више огледних демонстрационих посртројења, Машински факултет, Београд, 2005,
15. Б. Рашуо, М. Динуловић, А. Грбовић, **Д. Петрашиновић** ет ал., Приказ могућности расположивих модела за моделирање аеролошких карактеристика ветра и комплексних орографских терена, Машински факултет, Београд, 2005,
16. Б. Рашуо, И. Костић, **Д. Петрашиновић** ет ал., Процена енергетског потенцијала ветра: 1. Модели дугорочног предвиђања временских услова; 2. Модели краткорочног предвиђања временских услова, Машински факултет, Београд, 2005,
17. Б. Рашуо, А. Бенгин, **Д. Петрашиновић** ет ал., Аеродинамичка оптимизација локалних интерференцијских ефеката, Машински факултет, Београд, 2005,
18. Б. Рашуо, А. Бенгин, М. Динуловић, А. Грбовић, **Д. Петрашиновић** ет ал., Оптимизација рада фарми вертогенератора – контрола граничног слоја и турбуленције у вртложном трагу, активна контрола облика и струјања, ев бр ЕЕ18033-ТР, од 2008-2010..
19. С. Ступар, А. Симоновић, **Д. Петрашиновић**, Д. Комаров, С. Тривковић, О. Пековић, Испитни сто-инсталација за испитивање сегмената композитних лопатица на статичка и динамичка оптерећења, ВЗ „Мома Станојловић“, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2010.

4.3. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа литературе и сагледавања постојећих решења из области дисертације, констатујемо да су решења добијена у тези оригинална и значајна, те да су применљива у пракси. Такође, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у дисертацији можемо закључити да су пружени одговори на сва битна питања и решени проблеми са којима се кандидат сусрео у току истраживања. С обзиром на значај истраживања у областима важним за успешно пројектовање носећих елемената крила, као и чињеницу да је у тези дата методологија која омогућава одређивање заморних карактеристика носећих структура сложених геометријских облика, дисертација представља важан допринос у својој области. Имајући у виду експлицитност и репродуктивност добијених решења, што их донекле издваја у односу на захтевна и скупа експериментална истраживања, очекује се имплементација резултата дисертације у будућим истраживањима, као и при пројектовању структура отпорних на замор.

4.4. Очекивана примена резултата у пракси

У литератури још увек не постоји велики број решења проблема замора добијених применом проширене методе коначних елемената, па се очекује значајна примена резултата и метода датих у тези. Применом нумеричке методе верификоване у тези знатно се

поједностављује процес пројектовања структура отпорних на замор и омогућава њихова провера много пре почетка серијске производње. Осим тога, експериментално верификован нумерички модел рамењаче крила авиона може послужити и за даља истраживања јер представља одличну замену за скупа и дуготрајна експериментална истраживања комплетног крила.

Како је у тези развијена и образложена методологија предвиђања заморног века носећих елемената у стварним, експлоатационим условима, очекује се њихова широка примена и у предвиђању века трајања критичних елемената крила авиона.

5. Закључак и предлог

Докторска дисертација под називом „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ кандидата мр Данила Петрашиновића дипл. инж. маш., представља савремен и оригиналан научни допринос који уз потпуну анализу разматраних проблема омогућава и успешну анализу заморног века структура металних крила авиона. На основу онога што је приказано у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна, са задовољством се констатује да је кандидат мр Данило Петрашиновић дипл. инж. Маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације. Кандидат је дошао до оригиналних резултата који су и верификовани, што им обезбеђује велику применљивост у овој области.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“ кандидата мр Данила Петрашиновића дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности, и упути извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 6. 07. 2012. год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

др Бошко Рашуо, ментор,
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Слободан Ступар,
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Слободан Гвозденовић,
ред. проф. Саобраћајног факултета у
Београду

To:

Your ref.:

Our ref.: AA-1903-30-100712

Slavonski Brod, 10-07-2012

Subject: **Acceptance of Article**
Article No. **1903-30**
Title: **EXTENDED FINITE ELEMENT METHOD (XFEM) APPLIED TO AIRCRAFT
DURALUMIN SPAR FATIGUE LIFE ESTIMATION**
Author/s: **Danilo Petrašinović, Boško Rašuo, Nikola Petrašinović**

Dear authors!

Your article (mentioned above) has been accepted for publication in the journal Tehnički vjesnik/Technical Gazette, **Vol. 19 No. 3** to be published towards the end of **September 2012**. The article is classified as **original scientific paper**.

Attached is the Copyright Transfer Agreement with Payment Data. Please read carefully the enclosed Copyright Transfer Agreement with Payment Data and if you agree with the given terms fill in the necessary data, sign the form, keep a copy for yourself and send the original to our address by regular mail (also e-mail a copy to tehnvj@sfsb.hr or send a fax to +385 35 446 446).

When we have received the Copyright Transfer Agreement your article will be published in the Journal.

Yours sincerely,

Editor-in-Chief:
Prof.dr. Pero Raos



Enclosed documents:

- Copyright Transfer Agreement and Payment Data

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 832/6
Датум: 12.07.2012. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 12.07.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр ДАНИЛО ПЕТРАШИНОВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „АНАЛИЗА ЗАМОРНОГ ВЕКА ЕЛЕМЕНАТА НОСЕЋЕ МЕТАЛНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ КРИЛА АВИОНА“

II Универзитет је дана 01.10.2010. године, својим актом број 11/612-3397-2/10 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

Petrašinović D., Rašuo B., Petrašinović N., Extended finite element method (XFEM) applied to aircraft duralumin spar fatigue life estimation, **Tehnički vjestnik/Technical Gazette**, (2012), No. 3, Vol. 19 (Прихваћено за штампу). **SCI - IF: 0.347.**

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за ваздухопловство и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић