

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

759/5

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)

11.06.2012. 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:

ПРЕДРАГА (ВЛАДЕТА) СТОЈАКОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ПРЕДРАГ (ВЛАДЕТА) СТОЈАКОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА

Универзитет је дана 29.10.2010. год. својим актом под бр 612-4002 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ПРЕДРАГА (ВЛАДЕТА) СТОЈАКОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 26.04.2012. године, одлуком факултета под бр. 759/2, у саставу:

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

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 10.05.2012. 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: 759/4
Датум: 10.05.2012. 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 Златко Петровић, проф.др Слободан Гвозденовић, Саобраћајни факултет Београд о оцени докторске дисертације „Анализа утицаја спољашњих терета и асиметричних оптерећења на динамику лета авиона“ докторанта мр Предрага Стојаковића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 10.05.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“** докторанта **МР ПРЕДРАГА СТОЈАКОВИЋА**, 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 Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 759/2 од 26.04.2012. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Предрага Стојаковића, дипл. инж. машинства, под називом: „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“, о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш., под насловом „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ изложена је на 189 страна, садржи и три прилога и списак коришћене литературе на 3 стране.

1.2. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш., пријавио је израду докторске дисертације 24.08.2010. год., под бројем 1356/1 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 05.10.2010. год. поднела извештај који је заведен под ред. 1356/4 Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду. На основу пријаве кандидата и предлога Катедре, одлуком ННВ бр. 1356/5 од 14.10.2010. год., прихваћен је предлог Комисије за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме у саставу: ментор, проф. др Бошко Рашуо, проф. др Златко Петровић 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 УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ наводећи да кандидат испуњава све законске услове за израду докторске

дисертације, и да предложена тема као актуелна, атрактивна и значајна, може бити тема докторске дисертације. У вези са захтевом докторанта Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета 14.10.2010. 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 УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“, под менторством редовног професора др Бошка Рашуо (одлука бр. 612-4002). 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 23.11.2010. год. донео закључак бр. 1876/1 да се одобри рад на теми докторске дисертације „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ кандидату мр Предрагу Стојаковићу, дипл. инж. маш.

О завршетку докторске дисертације „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“, ментор др Бошко Рашуо, ред. проф. обавестио је Катедру за ваздухопловство, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду, дописом број 759/1 од 20.04.2012. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: ментор, др Бошко Рашуо, ред. проф., проф. др Златко Петровић и проф. др Слободан Гвозденовић, са Саобраћајног факултета у Београду.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 26.04.2012. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата мр Предрага Стојаковића под називом „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ и усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр. 759/2 од 26.04.2012. године).

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ припада области техничких наука, односно машинству и ужој научној области Ваздухопловство.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Предраг В. Стојаковић је рођен 03.08.1950. год. у Београду. Основну школу и гимназију (природно-математички смер) је завршио са одличним успехом.

Машински факултет је уписао 1969. године. Дипломирао је 1976. године на Ваздухопловном одсеку Машинског факултета Универзитета у Београду са просечном оценом 8,32. Дипломски рад одбранио је са оценом 10.

Војску је одслужио у периоду март 1977. – фебруар 1978. Октобра 1977. је уписао последипломске студије на на ваздухопловном одсеку Машинског факултета. Од 08.01.1979. је запослен на радном месту истраживача у служби за Динамику и управљање летом, прво у Ваздухопловнотехничком Институту у Жаркову, а по спајању института, у Војнотехничком институту. Уз обављање радних задатака је положио је све испите на последипломским студијама, а дана 24.09.1991. одбранио магистарску тезу под називом „Модел пилота у анализи квалитета лета“ код ментора проф. др Томислава Драговића.

Новембра 1986. године је похађао кратак курс Flight Simulation на Cranfield Institute of Technology.

Током каријере у Војнотехничком (Ваздухопловнотехничком) институту је од позиције истраживача сараднике стигао до положаја водећег истраживача. Током каријере у Војнотехничком институту је био ангажован на свим областима везаним за пројектовање динамике авиона и беспилотних летелица, и то од почетних фаза израде идејног пројекта па до завршних испитивања објекта у лету. Узима активно учешће и део је тима који је у оквиру Војнотехничког (Ваздухопловнотехничког) института, како развијао методологију рачунарски оријентисаног поступка за пројектовање динамике лета и система управљања авиона и беспилотних летелица, тако и планирао и интегрисао рачунарску и лабораторијску опрему потребну за подршку методологији пројектовања.

Области којима се бави су моделирање свих процеса везаних за динамику лета и системе управљања авиона као израда оперативног софтвера који те моделе укључује у поступак пројектовања, са тежиштем на симулационом софтверу. Развијени модели и софтвер обухватају динамику лета авиона као крутог тела, утицаје аеродинамике, гравитације, пропульзора и наоружања, побуде и шуме сензора, рачунање дискретног облика закона управљања летом, промену инерцијалних параметара летелице, стање атмосфере, ... Поред овога, у пројектовању динамике лета авиона и беспилотних летелица се бави и применом класичних метода механике лета и метода анализе и синтезе линеарних система аутоматског управљања. Има учешће у практичној примени инверзног решења динамике лета авиона у поступку пројектовања, а сам је развио поступак за налажење инверзног решења пропульзивне група састављене од клипног мотора и елисе фиксног корака.

Унутар Војнотехничког (Ваздухопловнотехничког) института узима учешће на пројектима авиона Орао, Г-4, НА и Ласта. Такође учествује и у свим пројектима беспилотних летелица који су се одвијали унутар института.

У периоду од 1982. до 1986. год. је хонорарни асистент на предмету Основе машинства на смеру за Пољопривредне машине Пољопривредног факултета Универзитета у Београду.

У периоду од 1994. до 2002. године је са више радова активан спољни сарадник Енергопројект – ЕНТЕЛ-а на проблематици увођења симулације у поступак пројектовања и експлоатације термоелектрана.

Поседује пуно активно знање (чита, говори и пише) енглеског језика и пасивно знање руског језика. Ожењен је и има троје деце.

2. Опис дисертације

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш., под насловом „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ изложена је на 189 страна, садржи и три прилога и списак коришћене литературе на 3 стране. Дисертација садржи следећих осам поглавља:

- Увод,
- Осврт на историјски развој,
- Поставка основних циљева истраживања,
- Модел динамике лета авиона,
- Спољашња средства и асиметрична оптерећења,
- Проблематика интеграције спољашњих средстава на авион са становишта динамике и управљања,

- Анализа утицаја асиметрије на динамику лета авиона, и
- Закључак

Дисертација садржи 37 слика и 14 табела.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ састоји се из осам поглавља. **Прво поглавље** представља увод у коме је изложена основа проблематике пројектовања динамике лета авиона са два аспекта, где је први преглед утицаја облика авиона и структуре система управљања летом на поступак пројектовања, а други преглед основних научних дисциплина које је неопходно применити при поступку пројектовања. Наглашен је значај поступка моделирања динамике лета авиона и подсистема као процеса апстракције стварних збивања у току лета.

У **другом поглављу** је дат историјат научно-техничких области везаних за пројектовање динамике лета авиона. Приказани су кључни догађаји историје ваздухопловства, као и моменти остваривања доприноса у анализи стабилности и управљивости динамичких система, тј., две области, које се данас, приликом пројектовања динамике лета авиона, не могу раздвојити. Такође је дат приказ стања савременог приступа моделирању динамике. Изложен је приступ решавању проблема асиметричних оптерећења авиона применом адаптивних система управљања летом и указано на недовољно истражену проблематику ауторитета управљачких површи авиона и њима одређеним ограничењима анvelope лета, што одређује један од проблема који је ова докторска дисертација требала да реши.

У **трећем поглављу** су изложене основне особине пројектовања динамике лета авиона и његовог система управљања уз наглашавање чињенице да су ти поступци пројектовања најчешће везани за номиналну симетричну конфигурацију основног облика авиона. Указано је на чињеницу да се анализи симетричних подвесних терета приступа у каснијим фазама пројектовања динамике лета, а да се асиметрична оптерећења авиона веома ретко разматрају. Тиме су идентификоване методолошки недовољно покривене области поступка пројектовања динамике лета авиона и указано на области разматрања којим ова докторска дисертација треба да се бави. Прва област је израда довољно детаљног генералног математичког модела динамике лета авиона као крутог тела и свих спољашњих оптерећења која на авион делују, чиме би били обухваћени како симетрични, тако и асиметрични случајеви оптерећења авиона. Друга област је укључивање општег облика дејстава спољашњих терета у генерални математички модел динамике лета авиона. Трећа област, која је најмање методолошки покривена, је одређивање анvelope безбедног лета при асиметричним оптерећењима проистекле из граничних вредности ауторитета команди лета.

Четврто поглавље се бави израдом модела динамике лета авиона као крутог тела, при чему је разматрање ограничено на саму летелицу. У првом делу поглавља је изложен концепт приступу израде математичког модела заснован на односу објекта, стварно постојећег објективног динамичког процеса, и субјекта, општих услова и циљева примене датог модела. Другим речима, односа између стварног збивања и тачке посматрања тог збивања, са практичним значењем да за исто динамичко збивање постоји онолико математичких модела колико постоји тачака посматрања. Математички модел динамике лета авиона је развијен за потребе пројектовања динамике лета авиона и његовог система управљања, а на основу два критеријума. Први је да као општи модел буде довољно детаљан да при преласку на упрошћене облике модела буду јасни ефекти занемаривања у поступку апстракција. Други је да авион са спољашњим теретима и при асиметричним оптерећењима представља један од његових облика. Авион је посматран као скуп крутих тела са крутим везама, што уз примену опште Штајнерове

теореме омогућава срачунавање пуног облика тензора инерције асиметричне конфигурације. Маса елемената се мења изван периода интеграције, или тренутно, као што је одбацивање, или довољно споро да не утиче на динамику, као при потрошњи горива. Модел аеродинамичких сила и момената је дат развијањем у Тајлоров ред по скупу независних параметара унутар контролне запремине, што је условљено захтевом за примену модела при симулацији у реалном времену током развоја система управљања летом. Модел аеродинамичких сила и момената је развијен до облика који омогућава његову непосредну имплементацију у програмско решење. Модел гравитационих сила је дат у класичном облику. Због утицаја на појаву асиметрија, детаљније су дати модели сила и момената пропульзивне групе и наоружања, а које делују на авион. За пропульзивну групу је дат модел сила и сва три облика момената, сопствених, позиционих и жирокопских, које делују на авион. Изложени су облици модела за млазни мотор и за пропульзор са елисом. Једначине сила и момената пропульзивне групе су, при интеграцији у једначине кретања авиона, дате у облику који омогућава реализацију система управљања летом помоћу пропульзора, што представља резервни облик управљања авионом у случају катастрофалног отказа основног система управљања летом. Модел сила и момената наоружања је дат са становишта спољашњих дејстава којима наоружање делује на авион. У случају стрелачког наоружања, основни параметар којим наоружање делује на авион је масени проток зрна кроз цев оружја. У случају ракетног наоружања подаци о дејствима се могу добити само мерењем.

Пето поглавље у првом делу разматра утицаје спољашњих терета на авиону, која су инерцијалног, аеродинамичког и гравитационог карактера, а који се разматрају у складу са изложеним моделом динамике лета авиона. У зависности од конфигурације спољашњих терета, наведени утицаји могу бити симетричне или асиметричне природе. Доприноси аеродинамичких сила и момената су дати тако да представљају проширење модела аеродинамичких величина код симетричне основне конфигурације авиона, и у презентацији и по облику за програмску имплементацију. Изложен је комплетан алгоритам прорачуна доприноса поткрилних терета аеродинамичким силама и моментима авиона. Урађена је категоризација асиметричних оптерећења у односу на начин настанка, природа узрока и могућност компензације управљачким површима авиона. Како је ауторитет команди лета аеродинамичка категорија, указано је да су асиметрична аеродинамичка оптерећења у сразмери са могућношћу компензовања, док је за асиметрије настале другим узроцима са становишта безбедности лета критична област малих брзина. Такође су изложене основе за проширење опште методе анализе ротације авиона и на случајеве асиметричних конфигурација.

У **шестом и седмом поглављу** су у анализу подвесних терета и асиметрија уведени критеријуми квалитета лета одређени прописима тако да наведени критеријуми представљају полазне величине прорачуна. У **шестом поглављу** је изложен поступак одређивања утицаја поткрилних средстава на величине уздужне динамике лета авиона прорачунским поступком. Поступак је применљив како приликом пројектовања борбеног авиона, тако и при увођењу у употребу нових подвесних средстава на постојећи авион. Заснива се на одређивању померања неутралне тачке авиона изазваног поткрилним средствима и одређивању резерве уздужне статичке стабилности условљене прописима квалитета лета. Метода је приказана за изабрану фамилију покрилних средстава постављених на две унутрашње, две спољашње и све четири линије наоружања борбеног авиона.

Кључни резултати тезе дати су у **седмом поглављу** у ком су дате основе и развој методе за одређивање граничних вредности анvelope лета на основу ограничења могућности команди лета да својим ауторитетом компензују асиметрична оптерећења авиона у терминалним фазама лета. Метода се заснива на претпоставци о адитивности дејстава команди лета, односно да се отклон команди лета потребан за компензацију асиметрије и бочног ветра може одредити независно од отклона за извођење маневра захтеваног прописом, а да њихов збир мора бити мањи од укупног расположивог отклона. Као критична је усвојена фаза прилаза или полетања са држањем правца писте. Како се у датим фазама лета авиона креће приближно равномерно и праволинијски усвојен је партикуларни модел стационарног попречно-смерног облика кретања

авиона у који су уведена асиметрична оптерећења и дејство бочног ветра као поремећаја. У датим фазама лета су угао ваљања и нагиба практично исти, па се као критичан поставља захтев из прописа да задати угао ваљања оствари за задато време. Усвојено је да се промена угла ваљања φ одвија по законитости $(1 - \cos \varphi)$, што при једнодимензионом моделу ваљања даје вредност отклона команде ваљања који је потребан за извођење маневра. Као ограничавајуће величине анвелопе лета су усвојене брзина лета и брзина бочног ветра. Налажење граничних величина анвелопе лета у зависности од граничних отклона команде ваљања и команде скретања је урађено нумеричким поступком - програмом начињеним у оквиру активности везаним за докторат, а чији су основни елементи и алгоритам изложени у прилогу 3. Природа методе и поступка су такви да не зависе од порекла улазних података, па је уз одговарајући квалитет података добијених мерењем у аеротунелу, методу могуће применити и у области превучаног лета, при великим нападним угловим. Како се при посматрању ограничења динамици неког система може прићи са становишта да укупна ограничења представљају скуп свих парцијалних ограничења, то и ограничења анвелопе лета у терминалним фазама, проистекла из ограничења ауторитета команди лета, представљају део општих ограничења летне употребе авиона. Примена методе је показана је на два примера, при чему су оба урађена са расположивим аеродинамичким подацима у домену у коме је промена узгона у зависности од нападног угла линеарна. Први је пример лаког школског авиона са елисом код кога клипни мотор својим реактивним моментом генерише асиметрију. Други је асиметрично оптерећење борбеног авиона из поглавља шест, настало услед неодбацивања поткрилних средстава. У оба случајева је успешно одређена оговарајућа анвелоба лета исказана преко брзине лета и брзине бочног ветра што је био и један од циљева дисертације.

Теза завршава **закључком** у коме су наведени њени главни резултати. Указано је и на могуће правце даљег истраживања везаног за анализу утицаја подвесних терета и могућих асиметрија на динамику лета авиона.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ представља савремен и оригиналан приступ и допринос разматраној проблематици утицаја спољашњих терета и асиметричних оптерећења на динамику лета авиона при чему је коришћен аналитички и нумерички приступ. При томе докторанд је показао способност и зрелост да, без практичног ослоња у савременој литератури, развије методу за одређивање граничне анвелопе лета условљене граничним ауторитетом командних површина. Његова жеља да тезом да допринос анализи утицаја спољашњих терета и асиметричних оптерећења на динамику лета авиона је захтевала интензивно бављење поступком математичког моделирања дејстава система који на авиону могу узроковати асиметричне силе и моменте и развојем методологије за анализу утицаја асиметрије оптерећења. Резултат ових напора је приказан у седмом поглављу које је и најзначајнији део дисертације, јер је у њему приказана потпуно нова метода одређивања анвелопе лета условљене ограничењима ауторитета команди лета, а при постојању асиметричних оптерећења. У научне доприносе можемо убројити и резултате представљене у шестом поглављу којима је анализиран утицај подвесних терета на уздужну стабилност и управљивост авиона. Значајним се може сматрати и систематизација у области математичког модела динамике лета начињена увођењем у нумерички модел дејстава пропульзивне група и наоружања. Све резултате у тези су пратили зрели научни и инжењерски закључци, што доприноси томе да се дисертација може оценити веома успешном. Оригиналност потврђују резултати тезе дати у публикованим радовима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна и савремена литература из области динамике лета ваздухоплова. На тај начин дат је релевантан приказ постојећег стања у областима које припадају проблематици која је истраживана у овој 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 утицаја спољашњих терета и асиметричних оптерећења на динамику лета авиона коришћен већи број савремених научно-истраживачких метода. У њих можемо убројити следеће: математичко моделирање динамике лета авиона и оптерећења која на авион делују, поставку проблематике при решавању нових задатака и налажење решења у оквиру постојеће методологије, развој оригиналне методе решавања проблема при постојању асиметричних оптерећења авиона, развој и примену софтвера за имплементацију методе, а који служи као алат при анализи асиметричних оптерећења и методу експертског мишљења при анализи добијених резултата. Адекватност примењених метода оправдана је потврдом у пракси у развоју нових авиона и већем броју беспилотних летелица.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Резултати докторске дисертације поред научне вредности имају и практичну примену потврђену у пракси, јер су у почетној фази развоја методе за одређивање ограничавајуће анvelope лета са становишта ауторитета команди лета, резултати методе коришћени за безбедно отварање анvelope лета прототипа лаког школског авиона са клипним мотором и елисом, у чијем програму је аутор дисертације био један од учесника.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

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

=====

4. Остварен научни допринос

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Основни научни допринос дисертације јесте развој методе којом се одређује комплетна анvelope лета употребе авиона проистекле из ограничења ауторитета команди лета, а при постојању асиметричних оптерећења. Остварени научни допринос докторске дисертације „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ је вишеструк и огледа се у следећем

- развијен је оригиналан поступак за одређивање анvelope лета употребе авиона проистекле из ограничења ауторитета команди лета попречно-смерног облика кретања авиона, а при постојању асиметричних оптерећења;
- начињен је модел динамике лета авиона и његових сила и момената узрокованих дејствима аеродинамике, пропулзора и наоружања довољно потпуног и детаљног облика да јасно укаже на допуштене апстракције при преласку на парцијалне упрошћене моделе;
- модел инерцијалних карактеристика авиона допушта разматрање и симетричних и асиметричних конфигурација оптерећења;

- одређен је општи облик доприноса подвесних терета на силе и моменте који делују на авион, како у симетричној, тако и у асиметричној конфигурацији;
- одређен је утицај поткрилних терета на уздужну статичку стабилност и управљивост авиона;
- врло прегледно су приказани сви могући облици настанка асиметричних оптерећења и области анvelope лета у којима та оптерећења могу узроковати нежељене последице по укупну безбедност лета, чиме је јасно указано на актуелност проблема који су решавани у тези.

4.2. 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 области анализе утицаја асиметрије на динамику лета авиона одређивањем анvelope лета употребе авиона, дисертација представља важан допринос у својој научној области.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Примена резултата у пракси је вишеструка, а односи се првенствено на домен пројектовања система управљања летом и ограничења употребе авиона кроз упуте пилоту. Без обзира на начин реализације и алгоритама, сваки систем управљања је ограничен ауторитетом команди лета, што указује на правац примене концепта и методе изложених у дисертацији. Математички модели 'подсистема' изложени у дисертацији се већ делимично употребљавају у оквиру симулационих програма. Обе изложене методе, и она за утицај поткрилних средстава, и она за одређивање утицаја асиметрија су непосредно применљиве како у поступку пројектовања авиона, тако и при његовом развоју током животног века.

4.4. Верификовани научни доприноси

Кључни резултати и научни допринос докторске дисертације су верификовани у уваженом научном часопису Јапанског научног вавдухопловног друштва - The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences:

Bajovic, M., Zivanovic, M., Rasuo, B., **Stojakovic, P.** *A New General Approach to Airplane Rotation*, **Transactions of the Japan Society for Aeronautical & Space Sciences**, The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, August 2010, 53, (180), pp 130-137; **SCI - IF: 0.397**

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

Радови објављени у целини у часописима националног значаја

=====

1. Zivanović, M., Bajović, M., Stojaković, P., Rašuo, B., New Flight Dynamics Model of Aircraft Rotation, **Theoretical and Applied Mechanics**, Special Volume 2, 2004, Yugoslav Society of Mechanics, ISSN 0350-2708, Belgrade, Serbia and Montenegro, (strane 292-301).

Радови објављени у целини у зборницима међународних конференција

=====

1. Živanović, M., Bajović, M., Stojaković, P., Rašuo, B., New Flight Dynamics Model of Aircraft Rotation, 24th Congress of Theoretical and Applied Mechanics, 9-10 October 2003, Belgrade, Serbia and Montenegro.(CD-Rom).
2. M. Zivanovic, M. Bajovic, P. Stojakovic, B. Rasuo, "New General Approach to the Airplane Rotation Analysis", 24th International Congress of the Aeronautical Sciences, ICAS 2004-4.9.1, ISBN 0-9533991-6-8, Yokohama, Japan, 2004; CD-Rom,
3. П. Стојаковић, "Модуларни програм симулације динамике лета авиона", 2. Научно-стручни скуп из области одбрамбених технологија ОТЕХ 2007., Зборник радова, свеска I, стр. II-161 – II-167, Београд, 2007.;
4. П. Стојаковић, "Минимална брзина лета елисног авиона из услова бочног маневра", 3. Научно-стручни скуп из области одбрамбених технологија ОТЕХ 2009., БП-3.5, Београд, 2009.,

Интерни извештаји – саопштења ограничене циркулације, која су објављена унутар Ваздухопловнотехничког (Војнотехничког) института:

=====

1. П. Стојаковић, З. Васић, З. Сарић, Љ. Кошић, "Реферантна база геометријских, инерцијалних и моторских података за потребе програмске анализе динамике летелице", V3-0543-P-023, ВТИ Жарково, 2007.;
2. Стојаковић П., *Студија о изводљивости лабораторије за симулацију са хардвером у управљачкој контури и интеграцију система управљања летом и дигиталних система летне платформе система беспилотне летелице*, V3-0541-C-006, ВТИ Жарково, Београд, април 2011.,
3. Стојаковић П., *Израда модела и програмске реализације модула за симулацију дејства стрелачког наоружања*, ВТИ Жарково, Београд, 2010.,
4. Стојаковић П., *Израда модела и програмске реализације модула за симулацију дејства сензора зашумљених филтрираним белим шумом*, ВТИ Жарково, Београд, 2011.,
5. Стојаковић П., *Израда модела и програмске реализације модула за симулацију дејства стационарне атмосфереса са офсетом притиска и температуре*, ВТИ Жарково, Београд, 2010.,
6. Стојаковић П., *Програмска реализације аутоматизације извршавања симулације подсистема са различитим корацима интеграције или инкрементације*, ВТИ Жарково, Београд, 2011.,
7. Стојаковић П., *Израда модела и програмске реализације модула за симулацију промене инерцијалних карактеристика авиона псеудостационарне природе (изван корака интеграције авиона)*, ВТИ Жарково, Београд, 2010.,
8. Стојаковић П., *Развој, интеграција и тестирања програма за симулацију у off-line режиму рада слободног лета клипног авиона са свим подсистемима*, ВТИ Жарково, Београд, 2010.,
9. Стојаковић П., *Развој, интеграција и тестирања програма за симулацију у off-line режиму рада слободног лета беспилотне летелице са свим подсистемима система управљања летом*, ВТИ Жарково, Београд, 2011.,

=====

5. Закључак и предлог

Докторска дисертација под називом „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ кандидата мр Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш., даје комплетну анализу утицаја спољашњих терета и асиметричних оптерећења на динамику лета авиона а при том је остварен и постављени научни циљ рада који се састојао од теоретско-методолошког унапређења рачунарски оријентисаног поступка пројектовања динамике и квалитета лета савремених летелица. На основу онога што је изложено у докторској дисертацији и чињенице да је анализирана сложена и актуелна проблематика, Комисија са задовољством се констатује да је кандидат мр Предраг Стојаковић, дипл. инж. маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима. Кандидат је дошао до оригиналних научних резултата који су и верификовани у научној јавности, што им обезбеђује велику применљивост у овој атрактивној и значајној научној области.

На основу прегледа докторске дисертације под називом „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“ кандидата мр Предрага Стојаковића, дипл. инж. маш., Комисија за оцену и одбрану са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим академским стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду, па сходно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати а дисертацију стави на увид јавности, и упуту извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 04. 05. 2012.год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

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

др Златко Петровић
ред. проф. Машинског факултета у Београду
Београду

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:759/6
Датум:10.05.2012.
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 10.05.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр ПРЕДРАГ СТОЈАКОВИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „АНАЛИЗА УТИЦАЈА СПОЉАШЊИХ ТЕРЕТА И АСИМЕТРИЧНИХ ОПТЕРЕЋЕЊА НА ДИНАМИКУ ЛЕТА АВИОНА“

II Универзитет је дана 29.10.2010. године, својим актом број 612-4002 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

Bajovic, M., Zivanovic, M., Rasuo, B., **Stojakovic, P.** *A New General Approach to Airplane Rotation*, **Transactions of the Japan Society for Aeronautical & Space Sciences**,

The Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, August 2010, 53, (180), pp 130-137;

SCI - IF: 0.397

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић