

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)

1328/6

(Број захтева)

25.08.2014. 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:

МИЛАНА (БРАНИСЛАВ) БАЊЦА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **МИЛАН (БРАНИСЛАВ) БАЊАЦ** уписан на Докторске студије 2007. године.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

ПРОРАЧУН МЕРИДИЈАНСКОГ СТРУЈАЊА У ВИШЕСТУПНИМ АКСИЈАЛНИМ ТУРБОКОМПРЕСОРИМА ПРИ РАДУ НА НОМИНАЛНИМ И ПРОМЕНЉИВИМ РЕЖИМИМА

Универзитет је дана 09.06.2014. год. својим актом под бр. 61206-2543/2014 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ПРОРАЧУН МЕРИДИЈАНСКОГ СТРУЈАЊА У ВИШЕСТУПНИМ АКСИЈАЛНИМ ТУРБОКОМПРЕСОРИМА ПРИ РАДУ НА НОМИНАЛНИМ И ПРОМЕНЉИВИМ РЕЖИМИМА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **МИЛАНА (БРАНИСЛАВ) БАЊЦА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 03.07.2014. године, одлуком факултета под бр. 1328/3, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Милан Петровић	Ред.проф.	Термоенергетика	Машински факултет Београд
2. Др Милош Недељковић	Ред.проф.	Хидрауличне машине и Енергетски системи	Машински факултет Београд
3. Др Цветко Црнојевић	Ред.проф.	Механика флуида	Машински факултет Београд
4. Др Мирољуб Томић	Ред.проф. у пензији	Мотори	Машински факултет Београд
5. Др Будимир Росић	Ванр.проф.	Термоенергетика	Факултет инжењерских наука Универзитета Оксфорд, Велика Британија

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 17.07.2014. 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: 1328/5
Датум: 17.07.2014. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 30. Закона о високом образовању (Сл.гласник 76/05, 100/07 и 44/10) и чл. 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду и извештаја Комисије у саставу: проф.др Милан Петровић, ментор, проф.др Милош Недељковић, проф.др Цветко Црнојевић, др Мирољуб Томић, ред.проф. МФ у пензији и проф.др Будимир Росић, Факултет инжењерских наука Универзитета Оксфорд, В. Британија, о оцени докторске дисертације „Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима“ докторанта Милана Бањца, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 17.07.2014. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ПРОРАЧУН МЕРИДИЈАНСКОГ СТРУЈАЊА У ВИШЕСТУПНИМ АКСИЈАЛНИМ ТУРБОКОМПРЕСОРИМА ПРИ РАДУ НА НОМИНАЛНИМ И ПРОМЕНЉИВИМ РЕЖИМИМА“** докторанта **МИЛАНА БАЊЦА, дипл.инж.маш.**

Извештај о оцени и одбрани докторске дисертације, по истеку рока од 30 дана увида јавности, доставља се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Проф. др Милан Петровић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор
Проф. др Милош Недељковић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду
Проф. др Цветко Црнојевић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду
Проф. др Мирољуб Томић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији
Проф. др Будимир Росић, в. професор Факултета инжењерских наука Универзитета Оксфорд, В. Британија

Београд, 11.06.2014.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата г. **Милана Бањца**

Одлуком бр. 1328/3 од 03.07.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата г. **Милана Бањца** под насловом

**Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима
при раду на номиналним и променљивим режимима.**

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

Кандидат г. Милан Бањац је Машинском факултету Универзитета у Београду 17. 04. 2014. дописом под бројем 855/1 пријавио тему докторске дисертације под називом: **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** и за ментора је предложио проф. др Милана Петровића. На основу пријаве кандидата ННВ Машинског факултета је одлуком бр. 855/3 од 08.05.2014. прихватило тему и именovalo Комисију за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу: проф. др Милан Петровић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Милош Недељковић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Цветко Црнојевић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Мирољуб Томић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији. На основу извештаја Комисије бр. 855/4 од 20.05.2014. и одлуке ННВ бр. 855/5 од 22.05.2014. г. поднет је захтев Машинског факултета Већу научних области техничких наука

Универзитета у Београду које је на седници одржаној 09.06.2014. г. донело одлуку бр. 61206-2543/2014 да се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације г. Милана Бањаца, дипл.инж.маш., а на основу чега је Декан Машинског факултета у Београду донео закључак бр. 1328/1 од 19.06.2014. о одобравању рада на предметној дисертацији под менторством проф. др Милана Петровића.

На основу извештаја проф. др Милана Петровића, ментора, да је докторанд г. Милан Бањац завршио докторску дисертацију под називом **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** а на предлог Катедре за термоенергетику, допис бр. 1328/2 од 30.06.2014., Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 1328/3 од 03.07.2014. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Милан Петровић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор, проф. др Милош Недељковић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Цветко Црнојевић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду, проф. др Мирољуб Томић, ред. проф. Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији и проф. др Будимир Росић, в. професор Факултета инжењерских наука Универзитета Оксфорд, В. Британија.

Кандидат је уписао докторске студије на Машинском факултету у Београду 2007. године.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** припада области Техничких наука (Машинство) и ужој научној области Термоенергетика.

Израдом докторске дисертације руководио је др Милан Петровић, редовни професор на Катедри за термоенергетику Машинског факултета Универзитета у Београду, Група предмета Топлотне турбомашине и Термоенергетска постројења.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Г. **Милан Б. Бањац** је рођен 1980. године у Зрењанину, где је завшио основну школу и гимназију - природни смер. После матуре, 1999. године је се уписао Машински факултет у Београду. Дипломирао је 2006. године на Смеру за термоенергетику са просечном оценом 8,46 (осам и 46/100). Дипломски рад урадио на тему: „Развој математичког модела и рачунарског програма за дводимензијски прорачун струјања у аксијалним турбинама“, код ментора, проф. др Милана Петровића а дипломирао је са оценом 10 (десет).

Године 2007. је се запослио у Иновационом Центру Машинског факултета, а 2008. године је ступио у радни однос на Машинском факултету где и сада ради као асистент на Катедри за термоенергетику. Тренутно држи вежбе из пет предмета на основним и мастер академским студијама.

Докторске студије је уписао 11. 01. 2008. године. У току студија му је одобрена једна година мировања.

Учествовао је у изради више различитих стручних студија и експертиза, из области термоенергетике, као и теренских испитивања парних турбопостројења. Његова ужа научна област је Термоенергетика -*Топлотне турбомашине и термоенергетска постројења*, а бави се истраживањем и развојом модела меридијанског струјања и CFD прорачуна у вишеступним аксијалним топлотним турбинама и турбокомпресорима.

Говори енглески језик.

Познаје програмске језике FORTRAN, C, C++, MATLAB, Qt Frameworks, OpenGL и корисничке рачунарске програме: Star CCM+, Mises, Ansys CFX, ICEM, TurboGrid, OpenFOAM, AutoCAD. Такође, познаје основну администрацију на оперативним системима GNU/Linux и Windows.

Водећи је аутор и коаутор у три рада објављена у часописима од међународног значаја. Такође је, водећи аутор и коаутор у више радова представљених на скуповима од међународног значаја.

2 ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација г. Милана Бањца, дипл.инж.маш., под називом **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** је изложена је на 146 странице, садржи 61 слику и дијаграмски приказ, 15 табела и 63 коришћена референтна литературна извора. Докторску дисертацију чине шест поглавља, списак литературе, номенклатура и четири додатка:

1. Увод
 2. Струјне основе, меридијански модел струјања
 3. Модел губитака и скретљивости
 4. Меридијански гранични слојеви, радијално мешање, граница стабилног рада
 5. Демонстрација и валидација методе
 6. Закључак
- Литература
- Номенклатура
- A. Табеларни подаци и графички преглед корелација за раванске решетке
 - B. Извођење модела за индуковану додатну девијацију
 - C. Пример прорачуна компресора
 - D. Продукција ентропије у граничном слоју, изведена из Логаритамског закона зида

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу тезе су дати шири аспекти значаја примене и потребе за истраживањем струјања у турбокомпресорима. Приказано је стање развоја у овој области, анализирани су недостаци и ограничења постојећих метода. Дефинисан је циљ истраживања и наведене су хипотезе и методе која ће бити примењене. Укратко је наведена структура рада.

У другом поглављу су приказане струјне основе које су коришћене у овом истраживању. Струјање се дефинише једначином континуитета, једначином енергије и једначином кретања. Уводе се следеће апроксимације: да је струјање стационарно, адијабатско и осносиметрично, вискозни ефекти се замењују силом трења а дејство лопатичног апарата се узима у обзир силом од лопатица. Радијални пренос енергије, који је последица турбулентне дифузије и секундарних струјања и који утиче на радијалну размену масе и енергије се додатно моделира. На овај начин је добије систем од 6 парцијалних диференцијалних једначина у поларним координатама који описује струјање у аксијалним компресорима. Даље је уведена струјна функција ради лакше интеграције једначина. Дефинисани су модели за израчунавање величина стања и одређивање густине као и

модел за имплементацију граничног слоја. Приказан је нумерички поступак за решавање система једначина базиран на методи коначних елемената.

У трећем поглављу тезе је приказан развој модела губитака и скретљивости за радна кола и закола. Обухваћене су решетке са четири најчешћа типа профила NACA65, NACA65c, DCA и MCA. Обухваћени су утицаји геометријских и радних параметара (Маховог и Рејнолдсовог броја, нападног угла...). Изведене су корелације за губитке кроз процепе за случај слободних лопатица као и за случај лопатица са бандажем. Изведени су изрази за секундарне губитке. Развијен је модел за радијалну расподелу губитака и девијације. Развијен је нови модел за губитке и девијацију код преткола која имају убрзну решетку и то за профиле NACA65, NACA65c и NACA63-A4K6 који се најчешће срећу у пракси. Модел обухвата профилне и просторне ефекте струјања у претколима, као и ефекте добијене закретањем лопатица спроводне решетке.

У четвртном поглављу је приказан модел меридијанског граничног слоја који је са прорачуном главног струјања повезан путем додатних фактора блокаде проточног пресека. Модел се заснива на интегралној теорији граничног слоја на бази основних теоријских поставки датих у другом поглављу. Описана је конкретна примена модела и дати су додатни полу-емпиријски изрази, који су неопходни за затварање теоријског система диференцијалних једначина. Представљен је нови модел за израчунавање продукције ентропије у граничном слоју. Моделирано је исисавање граничног слоја, које се среће код одузимања радног флуида из проточног дела турбокомпресора. Описан је модел којим се обухвата утицај радијалног транспорта масе и енергије по висини проточног пресека у просторима између појединих радних кола и закола, који се назива моделом радијалног мешања. У овом поглављу се третира и проблематика одређивања границе стабилног рада појединачних роторских и статорских кола, као и целокупног турбокомпресора.

У петом поглављу је метода демонстрирана поређењем резултата добијених прорачуном са експерименталним резултатима за осам тест примера објављених у литератури. Ови примери обухватају аксијалне турбокомпресоре веома различитих карактеристика и намена, чиме се показује широка примењивост методе. Приказана су поређења експериментално одређених и израчунатих кривих промене степена компресије и кривих промена степена корисности турбокомпресора при различитим бројевима обртаја, са променом масеног протока. Додатно код једног турбокомпресора су дате експерименталних и теоријских резултата радијалну расподеле притисака и температура иза појединих ступњева. Демонстрирана је примена методе у процесу развоју новог турбокомпресора индустријске гасне турбине. Дати су експериментални и прорачунски резултати за овај случај. На крају овог поглавља су дата поређења резултата прорачуна, добијених применом развијене методе, са резултатима прорачуна добијених комерцијалним CFD програмом.

У закључку је кандидат дао преглед материје која је изложена у тези и кратак опис структуре развијене методе. Изведени су битни закључци који су добијени у току развоја методе. Дискутована је њена област примене, тачност, поузданост и робусност. Наведене су предности методе у односу на CFD програме.

Додатак А садржи табеларне податке за модел губитака који је описан у трећем поглављу. Дат је и графички преглед зависности губитака и девијације од промене нападног угла за решетке са различитом геометријом.

У додатку Б је дато извођење једначина за индуковану девијацију код компресорских преткола које се користе у трећем поглављу.

У додатку Ц је дат детаљан преглед резултата прорачуна за турбокомпресор, који је један од тест-примера из петог поглавља. За овај пример су графички приказане расподеле степена компресије и степена корисности појединих ступњева. Дати су дијаграми пораста притиска и температуре кроз проточни део компресора и приказане су меридијанске расподеле појединих струјних величина. Приказане су вредности бездимензијских значајца појединих ступњева и вредности параметара стабилности рада појединих кола. Дати су дијаграми радијалних расподела битних радних параметара за појединачна кола једног ступња.

У додатку Д су изведени изрази за продукцију ентропије у граничном слоју. Модел је изведен применом логаритамског закона расподеле брзине по висини турбулентног граничног слоја.

3 ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Тема која је истраживана у дисертацији је веома савремена и значајна с обзиром да се савремена термоенергетика развија у условима велике конкуренције произвођача електричне енергије и испоручилаца опреме, раста цена фосилних горива и оштрих законских прописа у погледу емисије штетних материја у животну средину. С тим у вези је посебно изражена потреба за побољшањем степена корисности топлотних турбомашина. Развој нових метода за прорачун и унапређење постојећих алата је од кључног значаја да се ова тежња оствари. Са напретком нумеричких метода, рачунарске технике, теоријских знања и експерименталних могућности, од нарочитог значаја су постале методе компјутерске механике флуида (CFD) за моделирање струјања у топлотним турбомашинама са различитим нивоима апроксимација.

Кандидат је у својој дисертацији развио оригинални систем за прорачун струјања у аксијалним турбокомпресорима базиран на новим моделима за прорачун губитака струјања и скертљивости, новог модела граничног слоја и новог модела за одређивање границе нестабилног рада (границе пумпања). Гаснотурбинска постројења, чији је турбокомпресор значајан део, су у посебној развојној експанцији у последњих 20 година с обзиром на велике потребе за оваквим машинама и великим потенцијалом за унапређење.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији су је коришћена како класична литература тако и савремени радови објављени у часописима и на конференцијама. У уводном делу је дата детаљна анализа радова са приказ примењених метода, донетима и ограничењима појединих метода које су други аутори развили.

Подаци и једначине које су преузете из објављених радова су исправно и редовно цитирани.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Развој система за прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима је комплексан задатак у оквиру којег су примењене следеће методе:

- моделирање струјања стишљивог вискозног струјања у подзучном и надзвучном подеручју;
- нумеричко решавање парцијалних диференцијалних једначина;
- развој рачунарског програма на бази математичког модела струјања;

- валидација добијених теоријских и нумеричких резултата поређењем са експерименталним подацима.

Адекватном применом ових метода развијен је робусан и ефикасан систем за прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима.

3.4 Применљивост остварених резултата

Кандидат је могућност примене развијене методе демонстрирао у раду на осам примера турбокомпресора веома различитих конфигурација и радних карактеристика: од двоступних до многоступних (једанаестоступног), од компресора са малим степеном компресије до компресора са високо оптерећеним ступњевима. Систем је већ успешно примењен у фази развоја турбокомпресора за нову гасну турбину индустријског партнера. Поређење експерименталних резултата са резултатима прорачуна су показала добро слагање.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу резултата добијених склопу дисертације, радова саопштених на конференцијама и у часописима као и спроведеним практичним прорачунима процењујемо да је кандидат способан за самостални истраживачки рад. Он је применио савремене методе научноистраживачког рада и успешно развио и демонстрирао један комплексан систем за прорачун струјања. Такође, кандидат је оспособљен за академску интерпретацију добијених резултата као и за писање стручних радова.

4 ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Остварени су следећи научни доприноси у виду развоја нових метода прорачуна и нових модела струјања:

- нова метода и рачунарски систем за прорачун струјања у вишеступним аксијалним компресорима при раду на номиналном и широком опсегу парцијалних режима који може да, на основу релативно малог броја улазних података и у веома кратком временском периоду, одреди карактеристике компресора, границе стабилног рада и друге радне параметре. За сваки прорачунати режим се добија комплетно струјно поље и радни параметри свих кола и ступњева као и понашање меридијанских граничних слојева;
- нови оригинални модели губитака струјања и скретљивости решетки радних кола и закола аксијалних компресора;
- нови модели губитака и скретљивости решетки преткола турбокомпресора;
- нови модел граничног слоја код аксијалних турбокомпресора;
- нови модел предвиђања границе пумпања;

што представља значајан допринос целокупној теорији топлотних турбомашина.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

У дисертацији је развијен поступак за прорачун струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима који је у односу на приступе до сада публиковани у отвореној литератури

- свеобухватнији пошто обухвата све параметре;
- може се применити без ограничења на све конфигурације турбокомпресора без икакве додатне калибрације или избора модела или параметара;

- поређење добијених теоријских резултата и експерименталних података показује високу тачност методе;
- систем је робустан, брз и применљив у пракси како код развоја нових турбокомпресора тако и код унапређења постојећих машина.

4.3 Верификација научних доприноса

Развијена метода и нови модели су верификовани поређењем нумеричких резултата са експерименталним подацима за осам турбокомпресора различитих конфигурација. Добро слагање резултата на свим случајевима изабраним за верификацију показује да су физичке међузависности радних параметара и геометријских параметара добро обухваћене развијеним моделима.

Кандидат је о научним доприносима оствареним у дисертацији известио светску научну јавност на најзначајнијем скуповима (ASME Turbo 2009., 2013. и 2014.) и најзначајнијим међународним часописима из области турбомашина.

Радови објављени у часописима од међународног значаја

Категорија M22:

1. **Banjac, M.**, Petrovic, M.V., Wiedermann, A.: *A New Loss And Deviation Model For Axial Compressor Inlet Guide Vanes*, Trans of the ASME. J of Turbomach., Vol 136 (7), p. 071011(1-13), 2014., ISSN0889-504X, doi:10.1115/1.4025956 IF(2012)=1.101
2. Petrovic, M. V., Wiedermann, A., **Banjac, M. B.**: *Development and Validation of a New Universal Through Flow Method for Axial Compressors*, Journal of Power and Energy, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A, 2010, Vol 224 No A6, 869-880. ISSN 0957-6509, DOI 10.1243/09576509JPE991, IF(2010)=0.787

Категорија M23:

3. Petrovic, M. V., **Banjac, M. B.**, Wiedermann, A.: *Entwicklung eines neuen Meridionalverfahrens für mehrstufige kompakte Axialverdichter und Validierung durch Experimente und CFD-Berechnungen*, Forschung Im Ingenieurwesen, Vol 75, 2011, 45-60 Springer-Verlag, DOI 10.1007/s10010-011-0136-5. IF(2011)=0.308

Радови представљени на научним скуповима

1. **Banjac, M.**, Petrovic, M. V., Wiedermann, A.: *Secondary Flows, Endwall Effects and Stall Detection In Axial Compressor Design*, ASME Paper: GT2014-25115, Dusseldorf, June, 2014.
2. **Banjac, M.**, Petrovic, M.V., Wiedermann, A.: *A New Loss And Deviation Model For Axial Compressor Inlet Guide Vanes*, **ASME Turbo Expo 2013** (GT2013) June 3-7, 2013, San Antonio, Texas, USA, GT2013-95020, doi:10.1115/ GT2013-95020
3. **Banjac M.**, Petrovic M. V.: *End Wall Boundary Layer Treatment in Practical Calculations of Flow in Axial Compressors*, symposium: Contemporary Problems of Fluid Mechanics, Belgrade, 2011.
4. **Banjac M. B.**, Despić, M. M., Petrovic, M. V.: *Proračun strujanja i karakteristika aksijalnih turbokompresora i ventilatora*, skup Elektrane, Vrnjačka Banja, 2010.
5. Petrovic, M.V., Wiedermann, A., **Banjac, M.B.**: *Development and Validation of a New Universal Through Flow Method for Axial Compressors*, ASME Turbo Expo 2009 (GT2009) June 8-12, 2009 , Orlando, Florida, USA, doi:10.1115/GT2009-59938

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У оквиру дисертације кандидат је развио нову методу за прорачун меридијанског струјања у аксијалним турбокомпресорима. Најважнији допринос кандидата у овој области се огледа у развоју нових модела губита и скретљивости за статорске и роторке решетке турбокомпресора, модела граничног слоја на зидовима проточног канала и модела за предвиђање границе пумпања. Валидација метода за прорачун струјања и развијених модела је спроведена интензивним поређењем нумеричких резултата и експерименталних података за осам аксијалних турбокомпресора веома различитих конфигурација и радних параметара. Добро слагање резултата прорачуна и експеримената показује да је развијени модел робусан и универзално применљив без додатних подешавања и калибрације. У поређењу са другим методама прорачуна струјања, развијени систем даје тачније резултате, захтева краће време за припрему и спровођење прорачуна па је, као такав, погоднији за примену у фази развоја турбокомпресора за варирање и оптимизацију конструктивних параметара и прорачун понашања машине на номиналном и променљивим оптерећењима.

Очекујемо да ће развијени и публиковани модели губитака и скретљивости решетки турбокомпресора, граничног слоја и предвиђања границе пумпања заузети значајно место у теорији турбомашина и наћи примену код других истраживача. Сама метода је већ примењена код развоја турбокомпресора за нову индустријску гасну турбину код значајног светског произвођача термоенергетске опреме.

Сматрамо да је кандидат изразом поднете дисертације показао знање, упорност и способност за самосталан истраживачки рад. Констатујемо да је кандидат г. **Милан Бањац** завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним планом и постављеним циљевима.

Комисије предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета да се докторска дисертација под називом **Прорачун меридијанског струјања у вишеступним аксијалним турбокомпресорима при раду на номиналним и променљивим режимима** кандидата г. **Милана Бањаци** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду у складу са важећим правилницима Факултета и Универзитета.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милан Петровић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор

Проф. др Милош Недељковић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду

Проф. др Цветко Црнојевић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду

Проф. др Мирољуб Томић, ред. професор Машинског факултета Универзитета у Београду у пензији

Проф. др Будимир Росић, в.професор Факултета инжењерских наука Универзитета Оксфорд, В. Британија

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:1328/6
Датум: 17.07.2014. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 63. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1876/1 од 04.10.2013. године и члана 37. Правилника о докторским студијама, Наставно-научно веће на седници одржаној 17.07.2014. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео **МИЛАН БАЊАЦ**, дипл.инж.маш. и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „**ПРОРАЧУН МЕРИДИЈАНСКОГ СТРУЈАЊА У ВИШЕСТУПНИМ АКСИЈАЛНИМ ТУРБОКОМПРЕСОРИМА ПРИ РАДУ НА НОМИНАЛНИМ И ПРОМЕНЉИВИМ РЕЖИМИМА**“

II Универзитет је дана 09.06.2014. године, својим актом број 61206-2543/2014 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. **Banjac, M.**, Petrovic, M.V., Wiedermann, A.: *A New Loss And Deviation Model For Axial Compressor Inlet Guide Vanes*, Trans. of the ASME. J of Turbomach., Vol 136 (7), p.071011(1-13), 2014., ISSN0889-504X, doi:10.1115/1.4025956 IF(2012)=1.101
2. Petrovic, M. V., Wiedermann, A., **Banjac, M. B.**: *Development and Validation of a New Universal Trhough Flow Method for Axial Compressors*, Journal of Power and Energy, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A, 2010, Vol 224 No A6, 869-880. ISSN 0957-6509, DOI 10.1243/09576509JPE991, IF(2010)=0.787
3. Petrovic, M. V., **Banjac, M. B.**, Wiedermann, A.: *Entwicklung eines neuen Meridionalverfahrens für mehrstufige kompakte Axialverdichter und Validierung durch Experimente und CFD-Berechnungen*, Forschung Im Ingenieurwesen, Vol 75, 2011, 45–60 Springer-Verlag, DOI 10.1007/s10010-011-0136-5. IF(2011)=0.308

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић