

ИЗБОРНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о пријављеним кандидатима за избор једног наставника у звање ванредног професора на одређено време од пет година, са пуним радним временом или у звање редовног професора на неодређено време, са пуним радним временом за ужу научну област Механика флуида, на Машинском факултету у Београду.

На основу одлуке Изборног већа Машинског факултета број 430/2 од 19.3.2015. године, а по објављеном конкурс за избор једног ванредног професора на одређено време од пет година са пуним радним временом или редовног професора на неодређено време са пуним радним временом за ужу научну област Механика флуида, именовани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о пријављеним кандидатима.

На конкурс, који је објављен у листу „Послови“ број 614 од 25.3.2015. године, пријавио се један кандидат и то др Невена Стевановић, дипл. инж. маш., ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

На основу прегледа достављене документације подносимо следећи

РЕФЕРАТ

А. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Др Невена Стевановић (ЈМБГ 0812964715011) је рођена 08.12.1964. године у Фочи.

Основну школу и XIII гимназију завршава у Београду школске 1982/83. године као носилац Вукове дипломе.

Машински факултет Универзитета у Београду уписује 1983. године. Дипломирала је 1989. године на Групи за термотехнику са средњом оценом 8,74. За дипломски рад из предмета Термодинамика добила је оцену 10. У току израде дипломског рада, као демонстратор држи вежбе из Термодинамике.

После завршеног факултета, 1989. године запошљава се у Енергопројекту-Енергодата, на радном месту инжењера за развој и коришћење компјутерских програма за системе грејања и климатизације. У фебруару 1990. године се запослила на Машинском факултету у Београду, на месту асистента приправника за предмете Механика флуида и Хидромеханика на Катедри за механику флуида. Поред редовног учешћа у раду Катедре, у једном мандату је обављала и функцију секретара Катедре.

На Групи за примењену механику флуида Машинског факултета Универзитета у Београду завршава последипломске студије одбравивши 1.11.1993. године магистарски

рад под називом “Неизотермска струјања течности у каналима променљивог попречног пресека при умерено високим вредностима Рејнолдсовог броја”. Ментор овог рада био је академик проф. др Владан Ђорђевић.

У звање асистента изабрана је 1994. године. У исто звање је поново изабрана 2001. године. У периоду од новембра 1994. до августа 1998. године била је на породилском одсуству.

Докторску дисертацију под насловом “Прилог теорији струјања разређених гасова у микроканалима”, рађену под менторством академика проф. др Владана Ђорђевића је одбранила 2.7.2004. године.

На Катедри за механику флуида је изабрана у звање доцента 8.9.2005. године. Тренутно ради као ванредни професор на Катедри за механику флуида. У ово звање је бирања 29.10.2010. године.

Монографија под насловом „Струјање разређених гасова у микроканалима“ коју је објавила 2010. године награђена је годишњом наградом Машинског факултета Универзитета у Београду поводом дана Светог Саве коју Машински факултет Универзитета у Београду додељује за најбољу књигу аутора са Машинског факултета објављену у току године. Осим тога, 2014. године објавила је уџбеник „Основе микрофлуидике и нанофлуидике“ који је настао као резултат предавања које је држала на предмету Микро-нано флуидика на Мастер академским студијама.

Радови које је објавила у часописима који се налазе на SCI листи цитирани су од других аутора 15 пута.

Учествовала је у акредитацији Лабораторије за механику флуида Машинског факултета у Београду која је акредитована за еталонирање мерила протока гаса и еталонирање рефлектометара. Од њеног оснивања је заменик руководиоца Лабораторије. Такође, стекла је звање интерног проверивача система менаџмента.

Кандидат је члан Савета Машинског факултета Универзитета у Београду од 2006. до 2009. године и од 2011 до данас, а од 2012. године је заменик председника Савета.

Рецензирала је радове за часописе Journal of Microfluidics and Nanofluidics, Heat Transfer - Asian Research, Theoretical and applied mechanics, FME Transaction као и техничко решење за контролисање брзине и уједначености циркулације ваздуха у производном процесу реализованог у фирми "Industrie Automation Graz", Грац, Аустрија.

Активно се служи енглеским језиком, а пасивно руским. У току свог научно истраживачког рада самостално је развила неколико програма за прорачун струјања флуида у програмским језицима Fortran и Pascal. Активно користи програмске пакете Mathematica и Matlab и све програме у оквиру Microsoft Office-а.

Удата је и мајка три ћерке, Ане (1995), Милице (1996) и Јелене (1996).

Б. ДИСЕРТАЦИЈЕ

Магистарска теза: Стевановић Н. Д., Неизотермска струјања течности у каналима променљивог попречног пресека при умерено високим вредностима Рејнолдсовог броја, Магистарски рад, Машински факултет, Универзитет у Београду. Ментор академик проф. др Владан Ђорђевић. Магистарска теза је одбрањена 1.11.1993. године.

Докторска дисертација: Стевановић Н. Д., Прилог теорији струјања разређених гасова у микроканалима, Докторска дисертација, Машински факултет, Универзитет у Београду. Ментор академик проф. др Владан Ђорђевић. Докторска дисертација је одбрањена 2.7.2004. године.

В. НАСТАВНА АКТИВНОСТ

Др Невена Стевановић је током свог асистентског рада на Катедри за механику флуида на Машинском факултету у Београду држала вежбе из Механике флуида, Хидромеханике и Транспорта чврстих материјала цевима. Истовремено је учествовала у организовању и одржавању испита из свих тих предмета.

У наставничком звању доцента, до увођења Болоњског процеса, држала је предавања из предмета Динамика гасова и Хидромеханика. Након увођења Болоњског процеса на Машински факултет, на Основним академским студијама држала је предавања из предмета Механика флуида Б, а на Мастер академским студијама из предмета Механика биофлуида. За предмет Механика биофлуида, који је нов на овом факултету, осмислила је програм и припремила скрипте предавања за студенте. Осим на матичном факултету држала је у и предавања из Хидраулике и пнеуматике на Ваздухопловно – техничкој академији у Жаркову. У звању ванредног професора држала је предавања на Основним академским студијама из предмета Механика флуида Б као и на Мастер академским студијама из предмета Микро-нано флуидика који је као нови предмет на Машинском факултету самостално осмислила. Осим тога, 2014. године објавила је уџбеник „Основе микрофлуидике и нанофлуидике“ који је настао као резултат предавања на овом предмету.

На Докторским студијама је кроз менторски рад држала наставу из Теорије преноса масе, импулса и енергије и Вишег курса биомеханике флуида.

Била је ментор једног мастер рада из предмета Микро-нано флуидика и ментор једне докторске тезе. Поред овога, учествовала је у комисијама за одбрану докторске тезе и мастер рада.

Резултат студентских анкета

Током протеклих година обављане су анкете међу студентима. На предмету Механика флуида Б који се држи на Основним академским студијама кандидаткиња је добијала, почев од школске 2008/2009. па до школске 2013/2014. године, следеће оцене: 4,48; 4,18; 4,64; 4,47; 4,37 и 4,75. На изборном предмету Микро-нано флуидика на Мастер академским студијама, почев од школске 2011/2012. па до школске 2013/2014. године, оцењена је на следећи начин: 4,26; 4,84; 4,96.

Уџбеник

Кандидат је самостални аутор једног уџбеника: Стевановић Н. Д., Основе микрофлуидике и нанофлуидике, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 2014.

Уџбеник покрива градиво из предмета Микро-нано флуидика на Мастер академским студијама Машинског факултета у Београду. Он представља теоријску основу за разумевање феномена који се јављају при струјању флуида у микро и наносистемима.

Рад на обезбеђивању научно-наставног подмлатка пре избора у звање ванредног професора

Менторство докторске дисертације

Кандидаткиња је као доцент била ментор докторске дисертације: Милићев С. С., Неизотермска струјања разређеног гаса у микроканалима, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2011.

Рад на обезбеђивању научно-наставног подмлатка после избора у звање ванредног професора

Менторство докторске дисертације

Милићев С. С., Неизотермска струјања разређеног гаса у микроканалима, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2011.

Менторство мастер рада

Ђертић С. А., Електроосмотско струјање флуида у микро и наноканалима, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2014.

Учешћа у Комисијама за оцену и одбрану докторске дисертације

Ђоћић А. С., Моделирање и нумеричке симулације вихорних струјања, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2013.

Учешћа у Комисијама за оцену и одбрану магистарске тезе или одбрану мастер рада

Ранковић С., Пасивни микро мешач на бази Теслиног вентила, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2014.

Учешће у комисијама за избор у наставна звања

Избор у звање доцента за ужу научну област Механика флуида на Машинском факултету у Београду. Изабрани кандидат је др Снежана Милићев, 2012.

Избор у звање доцента за ужу научну област Механика флуида на Машинском факултету у Београду. Изабрани кандидат је др Александар Ђоћић, 2013.

Избор у звање асистента за ужу научну област Механика флуида на Машинском факултету у Београду. Изабрани кандидат је Дарко Раденковић, 2013.

Г. БИБЛИОГРАФИЈА НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА

Г.1. Библиографија научних и стручних радова пре избора у звање ванредног професора

Г.1.1. Категорија М20

Врхунски међународни часопис (М21)

1. Stevanovic N. D., (2007) A new analytical solution of micro channel gas flow, J Micromech Microeng, 17, 1695-1702. ([doi:10.1088/0960-1317/17/8/036](https://doi.org/10.1088/0960-1317/17/8/036), ISSN 0960-1317, импакт фактор 1,93 за 2007. годину)
2. Stevanovic N. D., (2009) Analytical solution of gas lubricated slider microbearing, Microfluid. Nanofluid, 7 (1), 97-105. (DOI:10.1007/s10404-008-0367-4, ISSN 1613-4982, импакт фактор 3,286 за 2009. годину)

Међународни часопис (M23)

3. Stevanovic N. D., Djordjevic V. D., (2005) On the simultaneous effects of gas rarefaction, wall porosity, and inertia in micro channel flows, ZAMM, 7, 516-522. (DOI 10.1002/zamm.200310199, ISSN 0044-2267, импакт фактор 0,351 за 2005. годину)

Г.1. 2. Категорија М30

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Стевановић Н., (1996) Нумеричка симулација прелаза ламинарног у турбулентно струјање у глаткој цеви, Proceedings of 2nd International Symposium: Contemporary Problems of Fluid Mechanics, Belgrade, 189-192.
2. Stevanovic N., (2003) A High Order Theory for an Isothermal Rarefied Gas in Micro Channels, Proceedings of 4th ASME/JSME Joint Fluids Engineering Conference, Hawaii, USA, paper FEDSM 2003-45637.
3. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2008) A constant wall temperature micrphannel gas flow, Proceedings of 1st European conference on microfluidics, Bologna, Italy.
4. Stevanovic N. D., Milicev S. S., (2009) Inertia effect in microbearing gas flow, Proceedings of 11th International Conference on Tribology, Belgrade, Serbia, 202-208.
5. Stevanović N. D., Damian D., Janković S., Koruga Đ., (2009) Generating nanoflows of biofluid by irrotational vortex during the cell division, Proceedings of 2nd International Congress of Serbian Society of Mechanics (IConSSM 2009), Palić, Serbia.

Г.1. 3. Категорија М40

Научна монографија националног значаја (M42)

1. Стевановић Н. Д., Струјање разређених гасова у микроканалима, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2010. (ISBN. 978-86-7083-686-0)

Г.1. 4. Категорија М50

Водећи часопис националног значаја (M51)

1. Stevanović N., (1998) Proračun koeficijenta prelaza toplote i trenja u cevima razmenjivača toplote pri niskim Reynolds-ovim brojevima, Termotehnika, 1 (4), 197-204.
2. Stevanović N., (2001) Izoternsko strujanje razređenog gasa u mikrokanalima pri malim vrednostima Mach-ovog broja, Procesna tehanika, 1, 30-34.
3. Stevanovic N., Djordjevic V. D., (2002) Low Mach Number, High Order Rarefied Gas Flow in Micro-Channels, Facta Universitatis, 3 (12), 365-371.
4. Stevanović N., (2005) Friction pressure loss in micro channel rarefied gas flows, FME Transactions, 33, 65-72.
5. Stevanović N. D., Milićev S. S., (2010) A constant wall temperature microbearing gas flow. FME Transactions, 38 (2), 71-77.

Г.1. 5. Категорија М60

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)

1. Стевановић Н., (1992) Неизотермна струјања течности у каналима променљивог попречног пресека при умерено великим вредностима Re -броја – адијабатски случај, Зборник радова симпозијума: Савремени проблеми механике флуида, Београд, 270-278.
2. Стевановић Н., (1993) Неизотермна струјања течности у каналима променљивог попречног пресека при умерено великим вредностима Re -броја – проблем загревања или хлађења зида, Зборник радова двадесетог југословенског конгреса теоријске и примењене механике, Крагујевац, 149-152.
3. Стевановић Н., (1997) Прорачун коефицијента прелаза топлоте и трења у цевима размењивача топлоте при ниским Reynolds-овим бројевима, Зборник радова 10. Симпозијум Југословенског друштва термичара YU-TERM, Златибор, 60-61.

Стручни радови, експертизе, техничка решења и софтвери

1. Павловић М, Стевановић Н, Лечић М, Милићев С, Ћоћић А, (2008-2009) Процедура за еталонирање мерила протока коришћењем примарног калибратора протока ваздуха. Машински факултет, Београд.
2. Павловић М, Стевановић Н, Лечић М, Милићев С, Ћоћић А, (2008-2009) Процедура за еталонирање уређаја за узорковање ваздуха. Машински факултет, Београд.

Учешће у пројектима Министарства Србије

1. Научноистраживачки пројекат Министарства за науку Србије Е0801 „Актуелни проблеми струјања флуида у термоенергетици”, Машински факултет Универзитета у Београду, Београд, 1991-95.
2. Научноистраживачки пројекат Министарства за науку и технологију Републике Србије 08М01 „Истраживање основних процеса у термоенергетици“, Машински факултет Универзитета у Београду, 1996-2000.
3. Научноистраживачки пројекат Министарства за науку, технологију и развој, Основна истраживања, математика и механика, Пројекат бр. 1328 „Савремени проблеми механике флуида“, Машински факултет Универзитета у Београду, 2002-2005.
4. Научноистраживачки пројекат Министарства за науку Републике Србије, Основна истраживања, математика и механика, Пројекат бр. 144022 „Нелинеарни феномени и динамика комплексних система и флуидних токова“, 2006-2010.

Г.2. Библиографија научних и стручних радова после избора у звање ванредног професора

Г.2. 1. Категорија М20

Међународни часопис (М23)

1. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2013) A non-isothermal Couette slip gas flow, Science China Physics, Mechanics and Astronomy, 5 (9), 1782-1797, (doi: 10.1007/s11433-013-5120-7, ISSN 1674-7348, импакт фактор 0,864 за 2013. годину)

2. Stevanovic N. D., Djordjevic V. D., (2012) The exact analytical solution for the gas lubricated bearing in the slip and continuum flow regime, Publications de l'Institute Mathematique, 91 (105), 83-93. (DOI: 10.2298/PIM1205083S, ISSN 0350-1302, импакт фактор 0,195 за 2012. годину)
3. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2012) A Microbearing Gas Flow with Different Walls' Temperatures, Thermal Science, 16 (1), 119-132. ([doi:10.2298/TSCI110804086M](https://doi.org/10.2298/TSCI110804086M), ISSN 0354-9836, импакт фактор 0.872 за 2012. годину)

Часопис међународног значаја верификован посебним одлукама (M24)

4. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2013) Non-isothermal gas flow in microchannel with equal wall temperatures, PAMM Proc. Appl. Math. Mech, 13 (1), 283-284.
5. Stevanovic N. D., Milicev S. S., (2014) An analysis of the Different Parameters influence on the Microbearing load carrying capacity, PAMM Proc. Appl. Math. Mech, 14 (1), 613-614.
6. Stevanovic N. D., Djordjevic V. D., (2015) An exact analytical solution for the second order slip-corrected Reynolds lubrication equation, FME Transaction, 43 (2), 16-20.
7. Radenković D. R., Milićev S. S., Stevanović N. D, (2015) Rarefied gas flow in microtubes at low Reynolds numbers, FME Transactions, 43 (4), (прихваћено за штампу).

Г.2. 2. Категорија M30

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2015) Low Reynolds number non-isothermal microbearing gas flow, Proceedings of 15th International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, Belgrade, Serbia, 220-225.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

2. Stevanović N. D., Milicev S. S., Djordjevic V. D., (2012) Microbearing gas flow modeling by fractional derivative for entire Knudsen number range, International Conference Contemporary Problems of Mechanics and Applied Mathematics, Novi Sad, 51-52.
3. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2013) Non-isothermal gas flow in microchannel with equal wall temperatures, 84th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM), Novi-Sad, Serbia, 304.
4. Stevanovic N. D., Milicev S. S., (2014) An analysis of the Different Parameters influence on the Microbearing load carrying capacity, 85th Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM), Erlangen, Germany, 451.

Г.2. 3. Категорија M60

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Milicev S. S., Stevanovic N. D., (2011) A Different Walls Temperature Couette Slip Gas flow, III International Symposium Contemporary Problems of Fluid Mechanics, Belgrade, 129-137.

Учешће у пројектима Министарства Србије

1. Научноистраживачки пројекат Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије, Основна истраживања математика и механика, Пројекат бр. 174014 „Напредне аналитичке, нумеричке и методе анализе примењене механике флуида и комплексних система“, 2011-2015.

Уџбеници

1. Стевановић Н. Д. (2014) Основе микрофлуидике и нанофлуидике, Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд, 2014. (ISBN. 978-86-7083-847-5)

Д. ПРИКАЗ И ОЦЕНА НАУЧНОГ РАДА КАНДИДАТА

Д.1. Приказ и оцена научног рада кандидата пре избора у звање ванредног професора

Према проблематици којом се до сада бавила кандидаткиња др Невена Стевановић, научно-истраживачки радови се могу поделити у четири групе. Прву групу (Г.1.5.-1 и Г.1.5.-2) чине радови проистекли из њеног магистарског рада. У њима се обрађују неизотермска, принудна струјања течности у каналима променљивог попречног пресека при умерено високим вредностима Рејнолдсовог броја, при којима гранични слој испуњава цео попречни пресек канала. Проблем је постављен тако да представља инверзан проблем у односу на класичну теорију граничног слоја, у смислу да је унапред задата дебљина граничног слоја – облик канала, а тражи се између осталог, брзина на спољашњој граници граничног слоја – брзина струјања течности у оси канала. Показало се да је за решење проблема погодно користити приближну методу Карман-Полхаузена, која у случају изотермског струјања између паралелних плоча даје тачно решење пуних Навије-Стоксових једначина. У анализи су обухваћена оба карактеристична и практично важна проблема – адијабатско струјање и струјање са разменом топлоте са околином, и израчунати су падови притиска у каналима различитог облика при задатом масеном протоку, топлотни флуксеви на зиду и др.

Другу групу радова чине радови Г.1.2.-1, Г.1.4.-1 и Г.1.5.-3 који се односе на практично веома важне проблеме преласка ламинарног струјања у турбулентно и прорачуна коефицијента трења и преноса топлоте при турбулентном струјању у размењивачима топлоте. Проблем је решаван нумерички применом метода контролних запремина. Симулирано је параболично, дводимензијско струјање у цеви са или без прелаза у турбулентни режим. Прелазни режим струјања је моделиран под предпоставком да у сваком ламинарном току постоје поремећаји који зависно од динамике генерисања и пригушивања могу довести до прелаза у турбулентни режим. У радовима је примењен Лам-Бремхорстов $K-\varepsilon$ модел турбуленције. Резултати су добијени за два карактеристична гранична услова: константна температура и константан топлотни флуks на зиду струјног канала. Добијени резултати су упоређени са експерименталним и аналитичким вредностима.

Трећу групу чине радови Г.1.1.-1, Г.1.1.-2, Г.1.1.-3, Г.1.2.-2, Г.1.2.-3, Г.1.2.-4, Г.1.4.-2, Г.1.4.-3, Г.1.4.-4 и Г.1.4.-5 проистекли из рада на докторској дисертацији. Они су инспирисани наглим развојем МЕМС (микро-електро-механички системи) технологије у последње три деценије. Ова технологија данас налази широку примену у разним гранама савремене технике, медицине и др. У оквиру ове модерне гране технике често се јављају струјања флуида у каналима чије се димензије мере у микрометрима и у којима због тога,

чак и на нормалним притисцима и температурама разређеност гаса долази до изражаја преко одговарајућих вредности Кнудсеновог броја. У раду на овој теми развијена је сопствена пертурбациона техника решавања Барнетових једначина, уз граничне услове вишег реда за проклизавање гаса на зидовима канала. Метод који је развијен у докторском раду омогућава аналитичко решавање већег броја актуелних проблема струјања разређених гасова у микроканалима.

У радовима Г.1.1.-1, Г.1.2.-2, Г.1.4.-2, Г.1.4.-3 и Г.1.4.-4 описано је и решено изотермско стишљиво струјање гаса кроз микроканале променљивог попречног пресека у којима се струјање одвија захваљујући разлици притиска на улазу и излазу из канала. Разматрана су спора дозвучна струјања, што је омогућило дефинисање малог параметра као однос квадрата Маховог броја и Рејнолдсовог броја. Услови струјања у микроканалима одговарају условима струјања са клизањем, па је и вредност Кудсеновог броја мала. При решавању водило се рачуна о вези и зависности између Маховог, Рејнолдсовог и Кнудсеновог броја. Притисак и брзина претпостављени су у облику пертурбационог реда. На тај начин добијени су системи једначина и одговарајућих граничних услова чијим се решавањем налазе основне апроксимације и апроксимације вишег реда. У оквиру струјања при малим Маховим и Кнудсеновим бројевима добијена су решења за две класе проблема: струјања при малим Рејнолдсовим бројевима и струјања са умерено великим вредностима Рејнолдсовог броја. У свим случајевима прва апроксимација је иста и представља решење за случај струјања без клизања. У апроксимацијама вишег реда јавља се ефекат клизања, а у неким и ефекат инерције. У циљу добијања решења веће тачности коришћени су гранични услови клизања на зиду другог реда, тј. гранични услови чија је тачност реда Kn^2 . Ови гранични услови захтевају коришћење и одговарајуће једначине количине кретања која је истог реда тачности, тј. Барнетове једначине. По први пут у литератури, у овим радовима су приказана аналитичка решења за прорачун струјања кроз микроканале променљивог попречног пресека. Осим тога, ова метода је омогућила и анализу утицаја инерције на поље притиска и брзине, што такође раније није приказано у литератури. У овим радовима дат је утицај разређености, облика канала и инерције на расподелу притиска, поље брзине, коефицијент трења и масени проток. Резултати су упоређени са резултатима мерења различитих аутора (Arkilic, Harley, Shih, Beskok, Karniadakis, Fukui, Kaneko) и на тај начин је потврђена тачност методе. Рад Г.1.1.-1 који припада овој групи радова објављен је у часопису *Journal of Micromechanics and Microengineering* који припада категорији врхунских међународних часописа, чији је импакт фактор за годину у којој је рад објављен 1,93, а налазио се на позицији 10 од укупно 112 часописа за област механика који припадају SCI листи.

Радови Г.1.1.-2 и Г.1.2.-4 односе се на изотермско струјање гаса у микролежајима. Пертурбационом методом, узимајући у обзир тачну зависност Рејнолдсовог, Маховог и Кнудсеновог броја добијена су аналитичка решења за прорачун струјања у микролежајима. Разматрано је струјање при малим вредностима Маховог броја кроз микролежај споро променљивог попречног пресека. И за ову класу проблема коришћени су гранични услови клизања на зиду другог реда, тј. гранични услови чија је тачност реда Kn^2 , што је условило и одговарајуће једначине количине кретања - Барнетове једначине. Добијена решења за расподелу притиска, поље брзине и носивост микролежаја поређена су са нумеричким решењем Болцманове једначине (Fukui, Kaneko) при чему је добијено веома добро слагање и тако потврђена тачност методе. Решење је поређено и са аналитичким решењем Sun-а које се заснива на ефективној вискозности и показано је да аналитичко решење дато у радовима Г.1.1.-2 и Г.1.2.-4 даје тачније резултате. Осим тога, ова метода омогућава укључивање инерције, која се у класичној Рејнолдсовој једначини подмазивања занемарује. Показано је и да у одређеним условима струјања (при умерено

великим Рејнолдсовим бројевима) овај утицај није занемарљив на расподелу притиска, а самим тим и носивост микролежаја. Рад Г.1.1.-2 објављен је у часопису *Microfluidic and Nanofluidic* (категорија врхунских међународних часописа M21), чији је импакт фактор за годину у којој је рад објављен био 3.286 и налазио се на позицији 4 од укупно 28 у класи часописа за групу физика, флуиди и плазма.

Након верификације методе у решењима за изотермска струјања кроз микроканале и микролежаје, добијени су и објављени резултати који се односе на неизотермске проблеме. У раду Г.1.2.-3 је анализирано неизотермско, дводимензијско, стишљиво струјање гаса између паралелних плоча константних и једнаких температура. Аналитичко решење за струјање гаса је добијено коришћењем Навије-Стоксове и енергијске једначине за континуум заједно са граничним условом клизања и температурског скока на зиду првог реда. Вредност Кнудсеновог броја је између 10^{-3} - 10^1 , што одговара условима струјања са клизањем. Струјање гаса је дозвучно, па је мали параметар дефинисам као однос квадрата Маховог броја и Рејнолдсовог броја. Користећи тачну везу између Маховог, Рејнолдсовог и Кнудсеновог броја прецизно је утврђен допринос сваког члана у основним једначинама и граничним условима, за струјање при малим и великим вредностима Рејнолдсовог броја. Приказана су решења за расподелу притиска, брзину и температуру. Показано је да температура гаса у микроканалу, без обзира што су зидови канала једнаких и константних температура, није константна тј. да постоји утицај неизотермности. У раду је приказано и аналитичко решење за коефицијент трења који осим од Рејнолдсовог броја зависи и од Кнудсеновог и Прантловог. И овде је за струјање са великим вредностима Рејнолдсовог броја у прорачун укључена и инерција, чији утицај није занемарљив. У раду Г.1.4.-5 приказана су решења за неизотермско дводимензијско струјање гаса у режиму клизања кроз микролежај константних и једнаких температура. За разлику од режима анализираних у раду Г.1.2.-3, овде се струјање гаса остварује захваљујући кретању једног зида. Показано је да и у овом случају температура гаса у микролежају није константна без обзира на мале димензије микролежаја и једнаку температуру оба зида. Анализиран је утицај Кнудсеновог броја и карактеристике микролежаја на расподелу притиска, температуре и брзине, а такође и утицај инерције.

У раду Г.1.1.-3 дато је решење за случај струјања гаса кроз микроканал константног попречног пресека са доњим зидом који је порозан и кроз који такође струји гас у истом смеру као и у самом каналу услед исте разлике притисака на улазу и излазу из канала. Коришћење порозних материјала за облагање аеростатичких клизних лежаја и самоподмазујућих клизних лежаја повећава њихову носивост. Струјање у каналу и порозном блоку описује се различитим једначинама при чему на заједничкој површи мора бити задовољен услов једнаког тангенцијалног напона и притиска. У овом случају осим ефекта клизања на зиду услед разређености гаса, јавља се и допунски ефекат клизања услед присуства порозног блока у коме гас струји на поменути начин. Решење за овај модел је добијено за случај мале вредности Маховог и Кнудсеновог броја и велике вредности Рејнолдсовог броја, да би се осим утицаја ефекта разређености и присуства порозног блока, анализирао и утицај инерције на расподелу притиска у микролежају. Добити резултати се квалитативно добро слажу са експерименталним резултатима доступним у литератури и могу бити корисни за пројектовање самоподмазујућих клизних лежаја. Рад је објављен у часопису *ZAMM* чији је импакт фактор за годину у којој је рад објављен био 0.351 и налазио се на позицији 95 од укупно 110 часописа за област механика који припадају *SCI* листи (категорија међународних часописа M23).

Монографија националног значаја Г.1.3.-1 је објединила све резултате објављене у радовима који се односе на струјање гаса у микроканалима и микролежајима, при чему је

у њој дат шири спектар добијених резултата и њихова анализа. Осим тога у овој монографији објављени су и неки резултати који до сада нису објављени у радовима кандидаткиње. То су тачна аналитичка решења за струјање гаса у микролежају у условима клизања. Ови резултати поређени су са нумеричким решењем Болцманове једначине и на тај начин извршена је анализа тачности различитих граничних услова клизања другог реда који су присутни у литератури, а око чијег првенства у тачности није успостављен концензус у литератури. Кроз решења дата у монографији уочава се степен тачности појединих граничних услова у одређеним опсезима Кнудсенових бројева. Осим тога из ових решења која се односе на расподелу притиска и брзине у микролежајима лако се добијају решења и за услове континуума, тј. тачна аналитичка решења Рејнолдсове једначине подмазивања која до сада није аналитички решена.

Четврта врста проблема односи се на нано струјање биофлуида. У раду Г.1.2.-5 је анализирано струјање биофлуида у ћелијама приликом њихове деобе, тачније у току митозе. У току те фазе парови центриола који се тада налазе на половима ћелије својим увртањем генеришу потенцијално вртложно струјање ћелијског флуида са извором или понором смештеним на једном крају центриола. То усмерава микротубуле које тада добијају облик деобног вретена (два конуса чији се ужи крајеви налазе на половима ћелије, а шири се додирују у деобној равни где се на тај начин позиционирају хромозоми). Методом коначних елемената извршен је прорачун, који као резултат даје геометрију и напоне у микротубулама.

Д. .2. Приказ и оцена научног рада кандидата после избора у звање ванредног професора

У меродавном изборном периоду кандидат наставља да ради на проблемима струјања гаса у различитим микросистемима. Добијена решења се односе на четири карактеристичне групе: струјање гаса у микроканалима, микро-Куетово струјања гаса, струјања гаса у гасним клизним микролежајима и струјање гаса у микроцевима.

У радовима Г.2.1.-4 и Г.2.2.-3 раније добијено решење за изотермско стишљиво струјање гаса кроз микроканале променљивог попречног пресека у којима се струјање одвија захваљујући разлици притиска на улазу и излазу из канала, проширено је на случај неизотермског стишљивог струјања гаса. Решење је добијено за случај једнаких температура зидова. Полазећи од система основних једначина који сада чине: једначина континуитета, Навије-Стоксова (Navier-Stokes) једначина, једначина енергије и једначина стања, пертурбационом методом одређено је поље брзине, температуре и притиска. При томе се, осим граничних услова клизања, користе и гранични услови температурског скока на зиду. Решења су добијена за мале и умерено велике вредности Рејнолдсовог броја. Показује се да је аналитичко решење добијено при малим вредностима Рејнолдсовог броја исто као решење добијено за изотермске услове струјања када је температура гаса једнака температури зидова канала. У другој апроксимацији јавља се само ефекат клизања, док ефекат температурског скока не долази до изражаја. За умерено велике вредности Рејнолдсовог броја прва апроксимација је иста као у случају изотермског струјања гаса и одговара условима континуума, али у другој апроксимацији осим утицаја клизања јавља се и утицај инерције дисипације и температурског скока. Показује се да у том случају, без обзира на једнаке температуре зидова и мало растојање између њих, температурски профил није униформан. Рад Г.2.1-4 објављен је у часопису међународног значаја верификованог посебним одлукама (M24).

Микро-Куетово струјање гаса изазвано кретањем зидова микроканала анализирано је у радовима Г.2.1.-1 и Г.2.3.-1. Приказано је решење за модел стационарног дозвучног дводимензијског неизотермског струјања гаса између

паралелних плоча које се крећу у супротном смеру. Разматрана су два режима и то струјање гаса при малим вредностима Рејнолдсовог броја и при умерено великим вредностима Рејнолдсовог броја. За сваки од режима добијено је решење за случај једнаких и различитих температура зидова. С обзиром на неизотермност струјног поља, једначини континуитета, количине кретања и стања придодата је и једначина енергије. Такође, осим граничног услова клизања, коришћен је и гранични услов температурског скока на зиду. За услове микро-Куетовог струјања гаса (константан притисак у струјном пољу) добијено је аналитичко решење пертурбационом методом за поље брзине, температуре и топлотни флуks. Добијени резултати показују да дисипација има занемарљив утицај на поље брзине, чак и у случају умерено великих Рејнолдсових бројева. Тако се за прорачун поља брзине могу увек користити једноставнија решења добијена за режим струјања при малим вредностима Рејнолдсовог броја. Насупрот томе, уочава се да дисипација има утицаја на температурско поље при умерено великим вредностима Рејнолдсовог броја. Она увек доводи до пораста температуре у целом попречном пресеку. Тако у случају једнаких температура зидова дисипација доводи до неуниформног профила температуре. У случају једнаких и константних температура зидова профил температуре је симетричан, а профил брзине антисиметричан, што доводи до тога да нема масеног протока између плоча. Насупрот томе, показује се да различита температура зидова доводи до постојања масеног протока. У овом случају клизање гаса увек је веће на топлијем зиду, док интензитет температурског скока зависи од вредности Маховог броја. Решења дата у овим радовима омогућавају узимање у обзир зависности динамичке вискозности и коефицијента провођења топлоте од температуре. Анализа утицаја ове зависности на добијене резултате указује да у случају једнаких температура та зависност занемарљиво утиче на профил брзине и температуре, па се тада са довољном тачношћу резултати могу добити и ако се претпостави да су динамичка вискозност и коефицијент провођења топлоте константни. У овим радовима, осим аналитичког решења пертурбационом методом дато је и нумеричко решење методом Рунге-Куте (Runge-Kutta). Добијена аналитичка решења су осим са резултатима других аутора доступним у литератури, поређена и са сопственим нумеричким решењем основних једначина. Рад Г.2.1.-1 је објављен у Science China Physics, Mechanics and Astronomy, чији је импакт фактор за годину у којој је рад објављен био 0,864 и спада у категорију међународних часописа (M23), а налазио се на позицији 55 од укупно 78 часописа за област физика и мултидисциплинарне области који припадају SCI листи.

У радовима Г.2.1.-3, Г.2.1.-5, Г.2.2.-1, Г.2.2.-4 приказана су решења која се односе на неизотермско струјање гаса у гасним клизним микролежајима, где се струјање гаса такође остварује кретањем зида као код Куетовог струјања. Примена методе пертурбације омогућила је налажење аналитичког решења које за неизотермско струјање гаса у лежајима није присутно у литератури. На тај начин добијена су решења за расподелу притиска дуж микролежаја, као и за поља брзине и температуре за мале и умерено велике вредности Рејнолдсовог броја. Мали параметар је дефинисан као однос висине микролежаја на излазу и дужине микролежаја. Махов, Рејнолдсов и Кнудсенов број су изражени преко њега. Осим тога, користећи тачну релацију између ових бројева извршена је процена учешћа појединих чланова у једначинама и граничним условима, при одређеним условима струјања. Прва апроксимација одговара условима континуума, док друга обавезно садржи утицај разређености. При умерено великим вредностима Рејнолдсовог броја у другој апроксимацији јавља се и утицај инерције, дисипације, конвекције и рада услед ширења гаса. У радовима је анализиран утицај карактеристике микролежаја, нагиба микролежаја, разређености гаса, Маховог броја или Рејнолдсовог броја, инерције, дисипације, конвекције, рада услед ширења гаса, разлике температура зидова, као и утицај вредности температурско-вискозног индекса на расподелу притиска

и поља брзине и температуре. Посебно је разматрано под којим је условима у појединим случајевима могуће повећати носивост, што је код лежаја од суштинске важности. Показано је да се занемаривањем инерције, дисипације, конвекције и рада услед ширења гаса добија носивост лежаја мања од реалне. Занемаривање зависности вискозности и коефицијента провођења топлоте од температуре на исти начин утиче на носивост, тј. тада су вредности носивости мање у односу на случај када се ова зависност узме у обзир. Такође је показано да се носивост лежаја може повећати повећањем Маховог или Рејнолдсовог броја, карактеристике лежаја, као и смањењем вредности Кнудсеновог броја. Поређење је вршено са неким изотермским решењима сличних карактеристика која су доступна у литератури. Рад Г.2.1.-3 је објављен у часопису Thermal Science који спада у категорију међународних часописа (M23) чији је импакт фактор 0.872 за 2012. годину, а налазио се на позицији 34 од укупно 55 часописа за област термодинамика који припадају SCI листи. Осим тога, рад Г.2.1.-5 објављен је у FME Transaction који припада групи часописа међународног значаја верификованих посебним одлукама (M24).

Другу групу радова који се односе на струјање гаса у микролежајима чине радови Г.2.1.-2, Г.2.1.-6 и Г.2.2.-2 у којима су приказана тачна аналитичка решења за услове изотермског струјања. Анализиран је равански клизни микролежај под претпоставком да је струјање гаса у њему стационарно при малим Рејнолдсовим бројевима. На тај начин, из једначине континуитета и количине кретања уз услове клизања на зиду тачности реда Kn^2 , добијена је коригована Рејнолдсова једначина подмазивања која описује струјање разређеног гаса у микролежају. Математичком трансформацијом ове једначине која се постиже увођењем нове променљиве дефинисане реципрочном вредношћу производа локалне висине микролежаја и локалног притиска, добијено је тачно аналитичко решење. Изостављањем чланова у решењу који у себи садрже Кнудсенов број добија се, осим за струјање разређеног гаса, и решење за услове континуума. Ово решење је значајно јер у доступној литератури није до тада дато тачно аналитичко решење Рејнолдсове једначине подмазивања, па као такво може да се користи као репер за тестирање експерименталних и нумеричких решења. Рад Г.2.1.-2 објављен је у часопису Publications de l'Institute Mathematique чији је импакт фактор био 0,195 за 2012. годину и спада у категорију међународних часописа (M23), а налази се на позицији 243 од 247 часописа за област примењене математике који припадају SCI листи. Такође, рад Г.2.1.-6 објављен је у FME Transaction који припада групи часописа међународног значаја верификованих посебним одлукама (M24). У раду Г.2.2.-2, гранични услови клизања моделирани су помоћу фракционих извода у циљу добијања решења за струјање гаса у микролежају за било коју вредност Кнудсеновог броја. Моделирање граничних услова остварено је помоћу једне верзије Капутовог извода реда α који је дефинисан као функција локалне вредности Кнудсеновог броја у микролежају. При томе вредност параметра α се креће између 0 и 1. За услове континуума ($Kn=0$) када нема клизања на зиду $\alpha = 0$, док је у случају потпуне разређености гаса када Кнудсенов број тежи бесконачности $\alpha \rightarrow 1$. Корелација између параметра α и Kn дефинисана је помоћу вредности Пуазејевог протока Q_p који је одређен за различите вредности Кнудсеновог броја коришћењем нумеричког решења Болцманове једначине које се може сматрати тачним, а које су 1988. године дефинисали Фукуи и Канеко. Да би се што прецизније дефинисала тражена корелација између параметра α и Kn броја, у раду су за различите режиме ($Kn \leq 0,1$; $0,1 < Kn \leq 10$; $Kn > 10$) дате различите корелације. Тако ред фракционог извода α који дефинише гранични услов клизања, зависи заправо од вредности Кнудсеновог броја. Овако дефинисан универзални гранични услов се користи за решавање система једначина који чине једначина континуитета и количине кретања и то доводи до универзалне Рејнолдсове једначине подмазивања која важи за све вредности Кнудсеновог броја. И у овом раду као и у предходним радовима Г.2.1.-2 и Г.2.1.-6 показано је да тако дефинисана Рејнолдсова

једначина подмазивања поседује тачно аналитичко решење. Оно се налази дефинисањем нове променљиве која је функција локалне висине и притиска у микролежају. Добијено решење омогућава одређивање масеног протока и расподеле притиска у микролежају за различите вредности карактеристике лежаја Λ , референтне вредности Кнудсеновог броја на излазу и различите односе висине микролежаја на излазу и његове дужине. Расподела притиска у микролежају за широк опсег Кнудсенових бројева ($0 \leq Kn \leq 100$) је поређена са нумеричким решењем Болцманове једначине и показано је веома добро слагање.

Осносиметрично стационарно изотермско струјање гаса кроз микроцеви анализирано је у раду Г.2.1.-7. За дозвучно струјање при малим вредностима Рејнолдсовог броја, када инерција не долази до изражаја, добијено је аналитичко решење методом пертурбација. Полазећи од једначине континуитеа, количине кретања и стања, примењујући Максвелове услове клизања првог реда, одређено је поље притиска и брзине. Добијена решења се добро слажу са објављеним експерименталним резултатима других аутора. На тај начин потврђена је поузданост методе, што отвара могућности за наставак рада у оквиру осносиметричних проблема струјања гаса, као што су струјање гаса кроз микроцев променљивог попречног пресека, струјање гаса кроз микроцев при умерено великим вредностима Рејнолдсовог броја, као и низ неизотермских осносиметричних проблема струјања гаса. Рад Г.2.1.-7 објављен је у FME Transaction који припада групи часописа међународног значаја верификованих посебним одлукама (M24).

Уџбеник *Основе микрофлуидике и нанофлуидике* намењен је студентима Мастер студија и представља теоријску основу за разумевање феномена који се јављају при струјању флуида у микро и наносистемима. Упознавање и разумевање теоријске основе и математичких модела помоћу којих се прорачунавају струјања флуида у микро и наносистемима омогућава даљи истраживачки рад будућих студената докторских студија као и практичну примену у научној области која се односи на микро и нанофлуиду. У уџбенику је дат приказ могућности примене микро и наноуређаја и процена значаја физичких величина у микро и наносистемима, што објашњава узроке који доводе до феномена који долазе до изражаја само у микро и нанофлуидици. Увођењем одређених специфичних појава карактеристичних за струјање гасова или за струјање течности у микро и наноканалима, модели класичне механике флуида су надограђени и формиран су математички модели који описују струјање флуида у микро и наносистемима. Тако полазећи од основних једначина континуума, али сада коришћењем граничног услова клизања и температурског скока на зиду који долазе до изражаја при струјању гаса у каналима веома малих димензија, приказана су аналитичка решења за струјање гаса у микроканалу, микроцеви и микролежају. Осим тога, у уџбенику су приказана и нека струјања флуида у микро и наноканалима индукована постојањем електромагнетног поља. При проучавању ових електрокинетичких феномена у хидродинамици, на течност или раствор који се налазе у електромагнетском пољу осим уобичајених сила које се јављају у класичној механици флуида делује и електромагнетска сила. Посебно су анализирана два електрокинетичка ефекта најчешће присутна микро и нанофлуидици – електроосмоза и електрофореза. Полазећи од основних закона хидродинамике и електромагнетике дати су математички модели који описују струјање нестишљивог флуида које се остварује под дејством електричног поља, а такође и аналитичка решења која дају зависност брзине наелектрисане честице у флуиду од електричног поља. Приказана решења представљају основу за разумевање принципа рада и прорачун електроосмотских пумпи различитих конструкција, као и разумевање процеса сортирања или сепарације молекула на принципима електрофорезе. У уџбенику су дате и основне једначине дифузије начијим принципима се у био-микро-електро-механичким системима и био-нано-електро-механичким системима остварује управљање и контрола процеса

мешања и сепарације. За различите почетне услове који се односе на присуство супстанце у флуиду, при преносу супстанце чистом дифузијом или дифузијом и адвекцијом, приказана су аналитичка решења која дају расподелу супстанце у каналу током времена. С обзиром на то да је у микро и наносистемима утицај површинских сила у односу на запреминске силе много већи, једно поглавље уџбеника бави се капиларним појавама које су последица површинских сила и тако представљају значајну класу проблема у микро и нанофлуидици. При избору модела струјања датих у уџбенику аутор се руководио критеријумом да се аналитичка решења налазе релативно једноставно, без коришћења нумерике или неких посебних математичких метода.

Ђ. ОЦЕНА ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА

На основу увида у конкурсни материјал и свега што је наведено у овом Извештају, Комисија констатује да, др Невена Стевановић ванредни професор Машинског факултета у Београду, има:

- научни степен доктора техничких наука из уже научне области Механика флуида;
- изражен смисао за наставно-педагошки рад, као и вишегодишње искуство у раду са студентима о чему говоре и одличне оцене које је добила приликом анонимних анкета студената (на предмету Механика флуида Б који је предмет Основних академских студија кандидаткиња је оцењена просечном оценом са свих анкета 4,48 и на изборном предмету Микро-нано флуидика на Мастер академским студијама оцењена је просечном оценом са свих анкета 4,69).
- остварене резултате у развоју научно-наставног подмлатка, што се огледа у томе да је била ментор једне докторске дисертације и једног мастер рада као и да је осим тога била члан једне комисије за оцену и одбрану докторске дисертације и члан једне комисије за одбрану мастер рада;
- објављену монографију националног значаја из области струјања разређених гасова у микроканалима;
- објављен уџбеника за предмет Микро-нано флуидика на Мастер академским студијама Машинског факултета у Београду у меродавном изборном периоду;
- шест радова објављених у часописима са SCI листе од чега су два у врхунским међународним часописима (категорија M21), и четири рада у међународним часописима (категорије M23), од којих су у меродавном изборном периоду три објављена у међународним часописима (категорије M23).
- четири рада у часописима међународног значаја који су верификовани посебним одлукама (категорије M24), сви у меродавном изборном периоду;
- пет радова у водећим часописима националног значаја (категорије M51);
- шест радова саопштених на међународном научном скупу и штампаних у целини (категорије M33), од којих је један у меродавном изборном периоду;
- три рада саопштена на међународном научном скупу и штампана у изводу (категорије M34), сви у меродавном изборном периоду;
- четири рада саопштена на националном научном скупу и штампана у целини (категорије M63), од којих је један у меродавном изборном периоду.

Кандидаткиња др Невена Стевановић до сада је учествовала у пет научноистраживачких пројеката Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије.

Као заменик руководиоца Лабораторије за механику флуида Машинског факултета у

Београду учествовала је у њеној акредитацији за еталонирање мерила протока гаса и еталонирање рефлектометара, као и у проширивању обима акредитације. Такође, стекла је звање интерног проверивача система менаџмента.

Рецензирала је радове за часописе који припадају врхунским међународним часописима, часописима међународног значаја који су верификовани посебним одлукама и водећим часописима националног значаја, као и једно техничко решење.

Е. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија за писање овог Извештаја, констатује да кандидат др Невена Стевановић испуњава све критеријуме који су прописани за избор у звање редовног професора предвиђене Законом о Универзитету и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду .

На основу изложеног, Комисија предлаже Изборном већу Машинског факултета Универзитета у Београду, Већу научних области техничких наука и Сенату Универзитета у Београду да кандидат др Невена Стевановић, ванредни професор Машинског факултета, буде изабрана у звање редовног професора са пуним радним временом на неодређено време на Катедри за Механику флуида Машинског факултета у Београду, за ужу научну област Механика флуида.

У Београду, 29.5.2015.год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

.....
др Милан Лечић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Академик др Владан Ђорђевић,
редовни професор у пензији,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др Светислав Чантрак, редовни професор у пензији,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др Златко Петровић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
др Цветко Црнојевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

