

на трудовете на гл. асистент, д-р **Иван Благоев Бажлеков**
представени на конкурса за заемане на академична длъжност „доцент“ по научна специалност
01.01.13. Математическо моделиране и приложение на математиката (Моделиране на течения в
многофазни системи)
обявен в ДВ, бр. 58/29.07.2011 г.

Рецензент: **доц. д-р Славчо Георгиев Славчев**

1. Кратка справка за творческата биография на кандидата

Д-р Иван Бажлеков завършва Факултета по математика и информатика на Софийския университет „Кл. Охридски“ през 1986 г. със специалност „математика“. През 1991 г. като редовен аспирант на проф. З. Запрянов в секция „Механика на флуиди“ на Института по механика и биомеханика защитава дисертация в областта на хидромеханиката, като придобива научна степен „кандидат на физико-математическите науки“ (сега, доктор). От същата година досега е на работа в секция „Изчислителна математика“ на Института по математика и информатика, като в момента заема длъжността „главен асистент“.

През 1993 г. той е на тримесечна специализация в Техническия университет на Айндховен, Холандия. В периода от 1996 г до 2003 г. включително той работи в този университет, където се занимава с числено моделиране на проблеми на хидродинамиката на многофазни течения. През 2003 г. д-р И. Бажлеков защитава втора докторска дисертация (PhD) на тема: "Non-singular boundary-integral method for deformable drops in viscous flow". За тази достойна научна степен той скромно (и същевременно необяснимо) премълчава в своята научно-професионална биография.

2. Материали, представени на конкурса

За конкурса д-р И. Бажлеков е представил 12 статии на английски език, публикувани в реномирани международни списания с импакт-фактор. Към тях аз бих присъединил като тринадесета, но не фатална, публикация автореферата на втората му дисертация (PhD Thesis, Technical University Eindhoven, 2003), в която е получен съществен научен принос към численото моделиране на многофазни вискозни течения с деформируеми граници, съдейки по приложенията му в последвалите статии.

Сред останалите материали на конкурса са авторска справка за научните приноси, списък на всичките 29 публикации на кандидата (без споменатия по-горе автореферат, който у нас се приема за редовна публикация), списък на 159 цитата на представените за конкурса трудове, списък на 8 научноизследователски проекти с негово участие и списък на изнесени 14 научни доклада на наши и международни конференции. Половината от проектите са финансирани от Министерството на образованието и науката, респективно НФНИ, а другата половина са международни проекти.

3. Обща характеристика и актуалност на изследванията на кандидата

В представените публикации д-р И. Бажлеков решава сложни хидродинамични задачи от областта на физикохимичната хидродинамика с помощта на различни числени методи. Разгледаните физичните модели се отнасят до проблеми на деформация на единична капка в линеен скоростен поток, взаимодействие на две капки и изтъняване на тънки филми между две капки или капка и твърда стена в отсъствие или присъствие на повърхностно-активни вещества, движение на междуфазова контактна линия между две течности и газ или течност и газ върху твърда стена.

Актуалността на разгледаните проблеми е несъмнена, тъй като процесите на взаимодействие на капки и мехури в друга течна среда имат огромно значение в различни области на техниката, химията и биологията, като в мастилените принтери, в производството на двуфазни стъкла и течни полимери, при получаване на различни дисперсии и емулсии, в процесите на делене и сливане на клетки в живите организми и др. биологични и биотехнологични процеси.

Основната цел на изследванията на кандидата е разработването на подходящи числени методи, съобразени със спецификата на физичните процеси, а така също получаването на решения за по-широк диапазон от физични параметри на разгледаните течения, за които те вече са изследвани от други автори. Трудностите на численото моделиране са свързани с факта, че областите на решения на съответните задачи са с променливи във времето граници.

4. Основни научни приноси на кандидата

Приемам изцяло основните научни приноси на д-р И. Бажлеков, както те са изложени подробно в авторската справка. Тук ще резюмирам най-съществените от тях, като разгледам работите в хронологичния ред на тяхното публикуване (обратен на представения в справката ред). По този начин ще проследя развитието на идеите на кандидата и на прилаганите от него числени методи за решаване на формулираните задачи.

1. Числено са моделирани вискозни течения с трифазни контактни линии. Случай на контактна линия „течност-газ-твърда стена“ се реализира например при стационарно движение на течен менискус в капилярна тръба, разгледано в работа [12]. В областта на контактната линия динамичният ъгъл на омокряне на течността се различава от статичния ъгъл и неговото експериментално определяне е сравнително трудно. (В повечето случаи на макроскопично ниво се определя т. нар. „привиден“ ъгъл на омокряне.). Разликата между двата ъгъла се дължи на обстоятелството, че в близост до контактната линия съществува тънък филм, чиято дебелина е от няколко молекулни радиуса и моделът на вискозна течност не е адекватен в тази област. При математичното моделиране на подобни течения обикновено се предполагат две области на течение - външна (далече от контактната линия) и вътрешна (в близост до контактната линия). В цитирана работа се изследва влиянието на различни гранични условия на стената в двете области върху формата на менисуса във външната област. В разгледаните три случая на гранични условия се налага предварително задаване на дължината на вътрешната област и на привиден ъгъл на омокряне като параметри на задачата. Същата се формулира на базата на уравненията на Стокс за бавни

движения и се решава по метода на Гальборкин, като съответните моментни уравнения се пресмятат числено с помощта на метод на крайните елементи. Използвани са четириъгълни изопараметрични девет-точкови крайни елементи с квадратична апроксимация на скоростта и линейна такава на налягането. Получените резултати потвърждават числените резултати на други автори. Същевременно е разширен диапазонът на използваните физични условия на формулираната задача.

2. В работа [10] е разгледан проблемът за числено симулиране на течения с трифазни контактни линии на системи „течност-газ-течност“ и „течност-газ- твърда стена“. Тук се прилага един нов подход за решаване на пълната задача за вискозни течения с контактна линия, който се основава на следното предположение. Областта на течение се разделя на две подобласти: външна и вътрешна, като последната, наречена още ядро, съдържа пресечната точка на контактните линии. Поради липса на достатъчно пълна информация за разположението на тези линии в ядрото и за физичните параметри върху тях, по принцип е невъзможно да се намери детайлно решение на уравненията за запазване на масата и количеството на движение него. Затова се предлага тези уравнения да се решат интегрално с характерни параметри на течението за цялата област и получените зависимости да се използват при решаване на задачата във външната подобласт. Този интересен подход е реализиран с помощта на подходящ метод на крайните елементи и се прилага към процеса на сливане на две капки и издигането на съставна капка, съдържаща газова фаза, в друга течност. Сравнението на числените резултати с експериментални данни за формата на капките е качествено добро.
3. В серия работи ([6], [7], [8]), публикувани в 2000 г., кандидатът провежда числено изследване на изтъняването на течен филм между две приближаващи се една към друга капки в трета течност. Постановката на съответните задачи е добре известна в литературата, поради големия интерес към този род задачи, произтичащи от различни химични и биологични процеси, срещащи се в промишлеността и природата. Следва да се отбележи обаче, че тук е отчетена и ролята на ван дер Ваалсовата сила на привличане на двете междуфазови граници, проявяваща се главно в късните стадии на изтъняване на филма, когато неговата дебелина е сравнително малка. Целта на проведените изследвания е уточняване и допълване на получени вече аналитични и числени решения на други автори, като се разгледа целия от приложна гледна точка интервал на изменение на отношението на вискозитетите на двете капки, което се оказва съществен параметър за процеса на тяхната коалесценция. С оглед на това, в първата работа [8] за решаването на формулираната задача се разработват едновременно два числени метода - метод на граничните интегрални и метод на крайните елементи, като е изследвана тяхната ефективност за конкретни параметри. Проведени са числени тестове и сравнение с решения на други автори, получени с помощта на други числени схеми. Потвърдена е точността на прилаганите методи и са намерени нови решения за практически важни процеси на изтъняване и късане на филми в случая на постоянна сила на взаимодействие между капките. Разгледан е и по-малко интересният случай на постоянна скорост на сближаване на капките. За случая на постоянна сила, в работа [6] е отчетен също ефектът от наличието

на неразтворимо иовърхностно-активно вещество по повърхностите на капките, като е проведен системен анализ на случаите без и с действието на ван дер Ваалсовата сила. Изтъняването и късането на филми от вискозна течност между две капки от т. нар. степенни течности (за които тензорът на напреженията се разглежда като степенна функция от тензора на скоростта на деформациите) е проследено в работа [7]. Получените в тези работи резултати хвърлят светлина върху различните режими на изтъняване и късане на филми между две капки.

4. В работи [1]-[5] е разработен оригинален несингулярен метод за решаване на уравненията на Стокс за бавни вискозни течения, който кандидатът разработва в докторската си дисертация в Техническия университет на Айндховен. От литературата е известно, че общото решение на тези линейни уравнения в затворена област се представя чрез два несобствени интеграла по повърхността на областта - потенциали на прост и двоен слой, чиито ядра се наричат „Stokeslet" и „stresslet" в англоезичната хидродинамична литература. Несингулярността на тези интеграли затруднява тяхното числено решаване, тъй като числената мрежа и схема следва допълнително да се прецизират около сингулярната точка. Същността на предлагания метод се състои в представянето на повърхностните интеграли чрез несингулярни интеграли по контура на областта на интегриране. Последните могат да бъдат пресметнати по-лесно и точно и това води до увеличаване точността на численото решение на задачата. В работа [4], за случая на ососиметрично обтичане на капка контурните интегралите се изразяват допълнително посредством елиптични интегралите от първи, втори и трети род, което улеснява тяхното решаване.

Предимствата на новия подход, базиран на метода на граничните елементи, са демонстрирани в работа [3] при решаване на двумерни и тримерни задачи. Като елементи от цялостния числен модел, в същата работа са разработени допълнително: метод за адаптивно съгъстяване на мрежите от гранични елементи; многостъпкова схема за интегриране по времето; и метод за подобряване на апроксимацията на междуфазовите граници. Проведени са редица тестове и сравнения със съществуващи в литературата числени решения на тези уравнения и е показана ефективността на предложения метод. Решени са три важни задачи на хидродинамиката на междуфазови течения: 1. деформация и късане на капка в линеен скоростен поток на друга течност при голямо съотношение на вискозитетите на двете течности; 2. изследване на близкото взаимодействие на две капки до стадията на формиране и разтичане на течния филм между тях; 3. образуване и деформация на пенна капка в линеен скоростен поток. Последната задача е разгледана и в работа [5]. Регулярният метод на граничните интегралите е приложен също към задачата за деформиране на капка в линейно скоростно течение при наличието на неразтворимо повърхностно-активно вещество (ПАВ) по нейната повърхност (работи [1] и [2]). В публикация [2] численият модел се допълва с метода на крайните обеми (с пространствена точност от втори порядък) и с използване на схемата на Crank-Nicolson за интегриране по времето, приложени към конвективно-дифузното уравнение за разпространение на ПАВ в двумерен филм, покриващ повърхността ѝ. Достоинствата на комбинирания метод на гранични елементи/крайни обеми са демонстрирани

в публикация [1], където са изследвани различни режими на деформиране и късане на капката в зависимост от характерните физични параметри на задачата, като вискозно отношение, капилярно число, повърхностно число на Пекле, степен на покритие на капката с ПАВ и еластично число, определящо еластичните свойства на филма. За пръв път в литературата е изследван числено в тримерна постановка процесът на образуване на струи от малки капки, инжектирани от два симетрични върха на силно деформирана капка.

В заключение следва да се отбележи, че научните приноси на кандидата са оригинални и значими. Те разширяват научното познание както в областта на численото моделиране на вискозни течения с деформируеми междуфазови граници, така и в областта на хидродинамиката чрез получените нови физични резултати за изследваните течения.

5. Оценка на публикациите и техните цитирания

Както бе казано по-горе, списъкът на публикациите съдържа 12 статии, публикувани в известни международни списания и серии, като J. Colloid Interface Science (2), J. Fluid Mechanics (2), Physics of Fluids (2), J. Non-Newtonian Fluid Mechanics (1), Int. J. Multiphase Flows (1) и Lect. Notes in Computer Sciences (4). Всички работи са съвместни с други автори, като в 4 от тях кандидатът има един съавтор, а в останалите 8 - двама. Следва дебело да се подчертае, че в 9 статии д-р И. Бажлеков е пръв автор, което несъмнено говори за неговия съществен принос в разработването на числените методи и получаването на нови резултати в междуфазовата хидродинамика. Импакт- факторът на споменатите списания варира от 0.415 до 2.233, като сумарният импакт- фактор е 14.482, а индивидуалният - 5.698.

Списъкът на цитирания на трудовете, с които д-р И. Бажлеков кандидатства, съдържа 159 цитата, като най-цитирани са работи [6] - 46 цитата, [8] - 40 цитата и [1] - 24 цитата. Практически всички цитати се срещат в реномирани международни списания, което безспорно показва, че резултатите на кандидата са забелязани и оценени от международната колегия в областта на численото моделиране и флуидната динамика. Наукометричните данни за публикациите на кандидата и техните цитирания надхвърлят многократно изискванията на Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика.

6. Лични впечатления от кандидата

Познавам д-р И. Бажлеков от времето на неговата следдипломна специализация и последвала аспирантура в секция „Механика на флуидите“ на Института по механика. Получил добра математическа подготовка като магистър, той бързо навлезе в проблематиката на хидродинамиката на капки и мехури и успешно разработи числени методи за решаване на задачи, отнасящи се до движението на съставни капки в неподвижна течна среда. Оттогава имам отлични впечатления за неговите познания, умения и работоспособност, тъй необходими за преодоляването на множеството изчислителни трудности, свързани с тогавашното ниво на изчислителната техника у нас. Благодарение на своите знания и трудолюбие д-р И. Бажлеков се утвърди като отличен (и излишно скромнен) учен не само в Института по математика и информатика.

но и в Техническият университет на Айндховен. В този аспект неговото кандидатстване за академичната длъжност „доцент“ е доста закъсняло.

7. Забележки

Нямам забележки към представените за конкурса материали, като обаче отново искам да спомена за липсващата според мен, достойна публикация - автореферата на втората докторска дисертация на кандидата.

8. Заключение

Д-р Иван Бажлеков е един изграден учен със задълбочени познания и умения в областта на численото моделиране на вискозни течения с деформируеми междуфазови граници. Неговите научни приноси са оригинални и значими. Те са добре познати, ценени и цитирани от нашата и международната научни колегии.

Безспорните постижения на кандидата ми дават основание да считам, че неговите научни трудове отговарят на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България и на Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика, и убедено да препоръчам на Научното жури да препоръча на Научния съвет на института да избере гл. асистент, д-р Иван Бажлеков на академичната длъжност „доцент“ по научна специалност 01.01.13.

1.12.2011 г.

Рецензент: /