

РЕЦЕНЗИЯ

по конкурс за заемане на академичната длъжност „доцент“

по научна специалност: 01.01.13 „Математическо моделиране и приложение на математиката (моделиране на течения в многофазови среди)“,

обявен от ИМИ, БАН, в ДВ бр. 58 от 29.07.2011 г.

Рецензент: проф. д.м.н. Стефка Николаева Димова, жив. гр. София, ж.к. „Хр. Смирненски“, бл. 62, вх. А, ап. 54

Единствен кандидат по конкурса е гл. ас. д-р Иван Благоев Бажлеков. След завършване на висшето си образование във ФМИ, СУ, през 1986 г., той е на следдипломна специализация в Института по Механика и Биомеханика (ИМБ) при БАН, сектор Механика на флуидите. От 1987 г. до 1991 г. е докторант там и през 1991 г. защитава дисертационен труд на тема «Числено изследване на движението на съставни капки при средни числа на Рейнолдс». От 1991 г. работи в ИМИ, БАН, секция Изчислителна математика. От 12.1995 г. е на длъжност Научен сътрудник I ст. (сега Главен асистент).

1. Общо описание на представените материали. За конкурса Иван Бажлеков е представил 12 научни публикации от общо 29. Всички работи са излезли от печат, при това след защитата на дисертацията и не са представяни при получаване на ОНС „доктор“, както и за заемане на длъжността Главен асистент/н.с. I ст. през 1995 г. Осем от статиите са в чуждестранни списания, четири са в LNCS като реферирани сборници от доклади на международни научни форуми в България. Всички публикации са в чуждестранни издания с импакт фактор. Пет от научните публикации са с един съавтор, седем са с двама съавтори. Приемам ги за рецензиране.

2. Обща характеристика на научната, научно-приложната и преподавателската дейност на кандидата. Научната и научно-приложната дейност на гл.ас. д-р Иван Бажлеков са в областта изчислителна механика на флуидите. Тя включва математическо моделиране на течения в многофазови среди, конструиране на числени методи и алгоритми, съобразени със спецификата на възникващите диференциални задачи, разработване на научен софтуер за изследване на процеси от динамика на флуидите, както и компютърни симулации на комплексни процеси, свързани с течения в многофазови среди.

Освен отбелязаната по-горе активна публикационна дейност в тази област, той е представял резултатите си на много научни форуми: 10 международни конференции в България, международни форуми в Холандия, Канада, САЩ (Dallas TX и Ventura CA). Участвал е в организационните комитети на 2 конференции в България (NMA'98 и NMA' 10) и на една в Холндия.

Гл.ас. д-р Иван Бажлеков е бил многократно на научни посещения в Университета в Айндховен, Холандия: през 1993 г. (3 месеца), през 1996 г. (3 месеца), от 1999 до 2001 (3 години), през 2003 г. (1 година). Бил е също в Израелския Технологичен Институт през 1998г. (3 седмици).

Гл.ас. д-р Иван Бажлеков е участвал в изпълнението на 8 научно-изследователски проекта. Четири от тях са финансирани по договори с Националния фонд за научни изследвания, един е европейски проект за коопериране със страните от Централна и Източна Европа, два са по договори с Dutch Polymer Institute, един е финансиран от SON Research Foundation, Холандия.

Гл.ас. Иван Бажлеков няма преподавателската дейност.

3. Анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата. Приемам класификацията на публикациите, направена от кандидата, и ще се придържам към нея.

3.1. В работи [1] - [5] предложеният от Иван Бажлеков несингулярен метод на граничните елементи е приложен за изследване динамиката на капки във вискозни течения.

Основното предимство на метода на граничните интегрални уравнения (ГИУ) при третиране на многофазови течения е, че приложението му изисква интегриране само върху междуфазовите граници. Недостатъкът му обаче е сингулярността на ядрата на интегралните уравнения. Предлагани са различни начини за преодоляването на този недостатък, които не са достатъчно ефективни. Идеята на Бажлеков е повърхнинните интегрални да се заменят с интегрални по контура на повърхнината, което води до несингулярно представяне на сингулярните потенциали (двоен и прост). Това дава възможност и за по-точно пресмятане на граничните интегрални и подобрява устойчивостта на метода. Друго предимство на този подход е, че в интегралите по повърхнината участва нормалният вектор към нея, а неговото точно пресмятане е по-трудно. И не на последно място, този метод може директно да се прилага в случая на междуфазови граници, които не са затворени повърхнини, както и при наличие на трифазови контактни линии.

В работа [3] този подход е приложен за симулиране динамиката на деформируеми капки във вискозни течения при малки числа на Рейнолдс. Основните елементи на реализирания числен метод са пресмятането на полето на скоростите от интегралната формулировка (6) на диференциалната задача (1)-(3) (система уравнения на Навие-Стокс и уравненията за непекъснатост) и еволюцията на междуфазовата граница с времето. Понеже считам тази работа за основна, ще се спра на най-важните моменти при конструирането на алгоритъма.

- За дискретизация на системата интегрални уравнения (6) (след заместване на сингулярните потенциали с несингулярното представяне (9), (10)), са използвани триъгълни крайни елементи. Предложени са три метода на оптимизация на мрежата: премахване или добавяне на страни в триъгълниците според критерия (12); топологична оптимизация на мрежата; оптимизация на размерите на елементите.

Използван е висок ред на апроксимация на междуфазовите граници, което е особено важно при изследване динамиката на пяна.

Предложен е специален многостъпков алгоритъм за пресмятане по времето, чиято идея е някои от членовете в дискретизацията (22) на ГИУ (6) да се смятат на повече времеви слоеве (с по-малка стъпка по времето), отколкото останалите. Многостъпковият алгоритъм е вложен в итерационния процес (23) за решаване на алгебричната система (22).

Възможностите на реализирания и детайлно тестван числен метод са илюстрирани върху няколко конкретни задачи: деформация на капка при нулево повърхностно напрежение, като тест за точността на пресмятане на контурните интеграли и итерационния метод (22), както и за една стабилизираща процедура за формата на междуфазовата граница; деформация и късане на капка при ненулево повърхностно напрежение; близко взаимодействие на капки, формиране на филм между тях и изтичането му; образуване и деформация на пенна капка.

Работа [3] е цитирана 14 пъти в периода 2005-2011 г, което говори за стойността и актуалността и'.

Работа [2] е посветена на изследване динамиката на капки във вискозно течение при наличие на повърхностно активни вещества. За целта е разработена комбинация на метода на граничните елементи с метода на крайните обеми. Математическият модел включва уравненията на Стокс за скоростта на междуфазовата граница и уравненията на конвекция-дифузия за разпределението на активните вещества върху нея. За решаване на хидродинамичната задача се използва методът на граничните елементи, разработен в работа [3], като наличието на повърхностно активните вещества се отчита в интегралното уравнение (15) чрез подинтегралната функция (16). За решаване на конвективно- дифузионната задача се използва методът на крайните обеми по пространството и двуслойна схема с тегло (14) по времето за получената система ОДУ (13). Методът е тестван върху два примера, разглеждани от други автори. Показано е добро съвпадение на получените тук резултати с тези от литературата.

В работа [1] комбинираният метод е приложен за изследване влиянието на повърхностно активни вещества върху деформацията и късането на капки във вискозно линейно течение. Изследвана е зависимостта на критичното капилярно число от отношението на вискозитетите и от концентрацията на повърхностно активните вещества. Проведени са сравнения с експериментални резултати за деформацията на капката, получени от други автори, които показват много добро съвпадение с получените в работа [1]. Работата е цитирана 24 пъти в периода 2006-2011 г.

Методът на граничните елементи от работа [3] е обобщен в работа [4] за ососиметричния случай. Сингулярните гранични потенциали в този случай са изразени явно с елиптични интеграли. Получените в работата резултати са използвани от други автори при решаване на ососиметрични задачи.

Методът на граничните елементи е доразвит в работа [4] за моделиране динамиката на пяна. Предложена е апроксимация на положението на междуфазовата граница с втори ред на точност, като е използвана информация за кривината и за нормалния вектор към

многофазовата граница. Това определя и по-високата точност на пресмятане на дебелината на филма между съседни капки на пяната.

3.2. В работи [6], [7], [8] и [11] са разработени числени методи за двумерни (опростени) модели на многофазови течения.

В работа [8] са изследвани деформацията на взаимодействащи си капки и изтичането на филма между тях при малки капилярни числа, малки числа на Рейнолдс и в зависимост от отношението на вискозитетите на капките и на непрекъснатата фаза. Изследвани са два режима на взаимодействие между капките - когато те се приближават с постоянна скорост и когато се притискат с постоянна сила. Обезразмеряването на математическия модел на процесите във филма (3)-(5) и във капките (6)-(13) се прави по различен начин за двата вида взаимодействие и води до безразмерния модел (15)-(24) за взаимодействието с постоянна скорост и до (15)-(22), (25) за взаимодействието с постоянна сила. И двата модела зависят от само един параметър, съдържащ отношението на вискозитетите.

За уравненията на Стокс в капките се използва методът на граничните елементи или методът на крайните елементи (само когато е необходима информация за процеса вътре в капките), а за уравненията във филма - метод на крайните разлики по пространството с втори ред на точност, като двете решения са свързани чрез скоростта на междуфазовата граница. Използвана е неравномерна стъпка по пространството и многостъпковия метод по времето от работа [3], с адаптивен избор на стъпките от условията (28a), (28b). Изследвани са числено споменатите по-горе 2 режима на взаимодействие на капките и са проведени сравнения с известни в литературата решения. Тази работа е цитирана 40 пъти в периода 2001-2011 г.

В работа [7] методът от работа [8] е модифициран за случая на ненютонова течност в капките, когато в тях се решават уравненията на Навие-Стокс (7), (8). И тук пълният модел: уравнения (3)-(5) във филма и (6)-(15) в капките е представен в безразмерен вид (18)-(19) и (20)-(29) съответно, който зависи от 3 параметъра. За решаване на уравненията в капките се прилага МКЕ с използване на триъгълни елементи с втори ред на апроксимация за скоростите и линейна прекъсната апроксимация за налягането. Тъй като реализацията на числения метод е подобна на тази в работа [8], тук по-голямо внимание е отделено на числените експерименти. Изследвано е влиянието на различни параметри върху профила на филма и върху скоростта на изтичането му.

Работа [6] е в известен смисъл разширение на работа [8] (а не на [9], както пише в справката), като е разгледан случая на взаимодействащи си капки от Нютонова течност в друга Нютонова течност при наличие на неразтворими повърхностно активни вещества с неравномерна концентрация. Изследването отново е при малки капилярни числа и малки числа на Рейнолдс. Изследван е само режимът на взаимодействие между капките, когато те се притискат с постоянна сила. Наличието на неразтворими повърхностно активни вещества с неравномерна концентрация води до възникване на допълнителни тангенциални напрежения на междуфазовите граници. Концентрацията на неразтворимите повърхностно активни вещества върху междуфазовите граници се описва с конвективно-дифузионното уравнение (15). И тук пълният математически модел (3)-(20) е представен в безразмерен вид (22)-(34). Численият метод е както в работа [8], като за уравнението на

конвекция-дифузия се използва явния метод на Ойлер, комбиниран със специалния многостъпков метод от работа [3] за ускоряване на пресмятанията. Работата е цитирана 46 пъти в периода 2001 -2011 г.

Процесите на топлообмен и химическа реакция около плоска граница в двуфазно стационарно ламинарно течение са предмет на изследване в работа [11]. Математическият модел (1)-(28) изглежда внушително и съдържа уравнения за скоростите, концентрациите и температурите в двете фази. На границата между фазите са отчетени ефектите на нормалното и тангенциално вторични течения, възникващи от градиентите на повърхностното напрежение и концентрацията. Направена е линеаризация на нелинейните членове по метода на последователните итерации. За дискретизация са използвани явни и неявни диференчни схеми върху неравномерни мрежи. Конвективните членове са апроксимирани с централни разлики и с разлики срещу потока. Методът на насрещната прогонка е използван за решаване на линейните дискретни задачи. Пресметнатите стойности на скоростта, концентрацията и температурата са сравнени с известни аналитични резултати при някои стойности на параметрите и е показано отлично съвпадение. Разработен е софтуер, който е предоставен на Хр. Бояджиев и Й. Халачев от Института по Инженерна Химия на БАН.

3.3. Работи [9], [10], [12] са посветени на моделиране на двумерни течения при наличие на трифазови контактни линии.

Случаят на трифазно взаимодействие, когато едната от фазите е твърда, е разгледан в работа [12]. Междофазовата граница е течност-газ-капилярна тръба. Формулировката на математическия модел (2)-(13) съдържа различни типове гранични условия. За числено решаване е използван метода на крайните елементи с деветточкови четириъгълни изопараметрични крайни елементи за скоростите, и билинейни изопараметрични елементи за налягането. Числено е изследвано влиянието на различните типове гранични условия върху глобалното решение и върху профила на междофазовата граница. Работа [12] има 11 цитирания за периода 1998-2009 г.

В работа [10] освен случаят от работа [12] (едната фаза е твърда), е разгледан и случаят, когато трите фази са флуидни и в трифазната контактна линия се „събират“ три предварително неизвестни междофазови граници. Математическият модел (5.1)-(5.17) е представен в безразмерен вид, численият метод е същият като в работа [12]. Направени са сравнения с експериментални резултати, които показват адекватността математическия модел и надеждността на разработения числен метод.

В работата [9] е изследвано разпространението на омокрящ филм върху твърда плоскост под действие на силите на ван дер Валс. Математическият модел в безразмерни координати представлява стационарно нелинейно уравнение (4) от трети ред за дебелината на филма. За решаването му е използван диференчен метод - шестточкова диференчна схема върху неравномерна мрежа и обобщен метод на Нютон. Намерени са профилите на омокрящия филм при различни стойности на числото на ван дер Валс.

От изложеното се вижда, че **представените работи съдържат значими научни и научно-приложни резултати, оценени високо и от специалистите в областта.**

4. Отражение на резултатите на кандидата в трудовете на други автори. Кандидатът е приложил списък с общо 159 цитирания само на представените за конкурса 12 работи. Всички цитирания са в международни издания, повечето от тях - с импакт фактор. Работа 6. е цитирана 46 пъти, работа 8. - 40 пъти, работа 1. - 24 пъти, работи 3. и 9. - по 14 пъти, работа 12. - 11 пъти. Това показва важността и актуалността на резултатите на Иван Бажлеков.

5. Принос на кандидата в общите публикации. В интердисциплинарни области като тази е естествено публикациите да са съвместни. Считаю, че приносът на И. Бажлеков е равностоеен с този на останалите съавтори.

6. Критични бележки и препоръки. Нямам.

7. Лични впечатления. Познавам Иван Бажлеков от 1991 г., когато започна работа в секция «Изчислителна математика» на ИМИ, БАН. Присъствала съм на негови изяви на семинари и конференции. Правят впечатление неговата задълбоченост, изчерпателност и трудолюбие, както и неговата добронамереност към колегите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценката ми за цялостната дейност на гл. ас. д-р Иван Благоев Бажлеков - научна и научно-приложна - е положителна. Тя напълно отговаря на съвкупността от критерии и показатели за заемането на академичната длъжност „доцент“ съгласно ЗРАСРБ, неговия Правилник и Правилниците за прилагане на ЗРАСРБ на БАН и ИМИ.

Всичко това ми дава основание да предложа гл. ас. д-р Иван Благоев Бажлеков да бъде избран за „доцент“ по научна специалност 01.01.13 „Математическо моделиране и приложение на математиката (моделиране на течения в многофазови среди)“.

12.12.2011 г.

Подпис:

София

/ проф. д.м.н. Стефка Николаева Димова/