

СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ

на д-р Иван Благоев Бажлеков, гл. асистент, секция Изчислителна математика,
Институт по математика и информатика, Българска академия на науките

Пълният списък на публикации включва общо 29 заглавия
(виж приложение „Публикации общо.pdf”), от които:

- 14 статии в международни периодични списания;
- 1 в българско периодично списание;
- 3 в Доклади на БАН;
- 4 публикации в реферирани сборници от международни конференции, издадени в поредици на Springer;
- 7 в сборници на други международни конференции;
- 1 в сборник на школа с международно участие;

За участие в конкурса са представени 12 от публикациите
(виж приложение „Публикации за конкурса.pdf”), от тях:

- 8 статии в международни периодични списания;
- 4 публикации в реферирани сборници от международни конференции, издадени в поредици на Springer;

Всички представени за конкурса публикации са в списания с импакт фактор¹
(виж приложение „Публикации за конкурса.pdf”).

Всички публикации представени за конкурса са излезли от печат след заемане на длъжността гл. асистент/н.с. I ст. (22.12.1995г.) и не са представяни за участие в съответния конкурс.

Никоя от представените публикации не е включена в дисертацията (защитена 1991г.), като всички са публикувани след защитата.

¹ За две от публикациите [11, 12] не бе намерен импакт факторът за съответната година и е даден този за близка година.

Представените за конкурса 12 научни публикации (виж приложение „Публикации за конкурса.pdf“) могат да бъдат разделени на следните 3 групи:

А. Несингулярен метод на граничните елементи за симулиране динамиката на капки във вискозни течения (5 публикации [1-5]):

В работите от тази група е разработен 3D метод на граничните елементи за симулиране на многофазови вискозни течения при наличие на повърхностно активни вещества. Нов елемент в метода е несингулярното представяне на сингулярните потенциали (двоен и прост). В предложеното представяне повърхностните интегралите се изразяват чрез интегралите по контура на повърхността.

В [3] е разработен несингулярен 3D метод на граничните елементи за деформируеми капки във вискозни течения при малки числа на Рейнолдс. Методът е базиран на предложеното за първи път представяне на сингулярните повърхностни интегралите като несингулярни интегралите по контура. То също подобрява съществено точността на пресмятане на граничните интегралите и стабилността на метода. За доказване на предимствата на метода са проведени редица тестове и сравнения със съществуващи двумерни и тримерни решения. Друго предимство на метода в сравнение с често използвания метод „near singularity subtraction“ е че представеният метод може директно да се прилага за междуфазови граници, които не са затворена повърхност. По този начин може да се използва за симулирането на капки при наличие на трифазни контактни линии. Предимство на представения метод е симулирането на ситуации, където междуфазови граници се намират на много близки разстояния. Показано е, че метода може да се използва за симулиране на тънки течни филми с дебелини няколко порядъка под размера на капките. Представените симулации на взаимодействие на капки и динамика на пяна демонстрират възможността за симулиране взаимодействието на капки, в резултат на което се получават филми с дебелини от порядъка на 10^{-3} .

Като част от метода са разработени: метод за адаптивно съгъстяване на мрежите от гранични елементи; многостъпкова схема за интегриране по времето; метод за подобряване апроксимацията на междуфазовите граници.

Предимствата на предложения метод са демонстрирани с редица тестове и в няколко трудни за симулиране ситуации: деформация и късане на капка за високо отношение на вискозитетите при нулево повърхностно напрежение; близко взаимодействие на капки, включително формирането на филм между тях и неговото изтичане; образуването и деформация на пенна капка.

В публикация [2] на базата на метода на граничните елементи предложен в [3] е разработен комбиниран 3D метод с гранични-елементи/крайни-обеми за симулиране на динамиката на капки във вискозни течения при наличие на повърхностно активни

вещества. Концентрацията на повърхностно активни вещества се описва от уравнението на конвекцията и дифузията върху деформируеми междуфазови граници. За пространствена дискретизация се използва метод на крайните обеми върху неструктурна мрежа от втори порядък на точност. За интегриране по времето са използвани явната схема на Ойлер или Кранк-Николсън. Уравненията на Стокс и конвекция-дифузия, които са свързани посредством скоростта на междуфазовата граница и напрежението на Марангоний, се решават посредством полунеявна схема. Проведени са редица тестове за проверка точността на метода, както и сравнения с резултати от двумерни решения. Представени са примерни симулации за деформация на капка в линейно течение при наличие на повърхностно активни вещества.

Публикацията [1] е посветена на численото изследване влиянието на повърхностно активни вещества върху деформацията и късането на капки във вискозно линейно течение. За численото симулиране е използван методът гранични-елементи/крайни-обеми представен в публикациите [2,3]. Проведени са сравнения с числени резултати, както и с експериментални наблюдения от други автори за деформацията на капката и са получени много добри съвпадения. Проведено е параметрично изследване за зависимостта на критичното капилярно число от отношението на вискозитетите и концентрацията на повърхностно активни вещества. Числено са определени зоните на различните моди на късане на капката. За първи път тримерно е симулирано „tip streaming” на капка в линейно вискозно течение.

В работата [4] на базата на разработените в [3] несингулярни представяния на потенциалите за 3D повърхности са изведени формули за ососиметричния случай. Те изразяват явно сингулярните граничени потенциали чрез елиптични интеграли. Представените формули са несингулярни, удовлетворяват точно запазването на обема и автоматично отчитат факта че двойният потенциал може да има много стойности в зависимост от положението на полюса спрямо затворена повърхност (вътре, на или извън). Резултатите са сравнени с друг метод за пресмятане на потенциалите и сравненията демонстрират високата точност и бързина на пресмятанията в представените в работата резултати. Предложените резултати се използват в методи разработени от други автори за числено решаване на ососиметрични задачи (виж цитиранията на [4] в приложение Цитирания.pdf).

В публикацията [5] методът представен в [3] е доразвит за симулиране на динамика на пяна. Разработена е апроксимация на положението на междуфазовата граница от втори порядък. Тя се базира на линейна апроксимация и информация за кривината и нормалния вектор на междуфазовата граница. Апроксимацията от по-висок ред на положението на границата се използва за пресмятане на разстоянието между двете междуфазови граници. По този начин съществено се повишава точността на пресмятане дебелината на филма

между съседни капки на пяната. В случая на пяна високата точност на апроксимиране дебелината на филма, поради наличието на разклинящо налягане (поради силите на ван дер Валс) в модела е от изключителна важност не само за точността на метода, но и за неговата стабилност. Разработен е метод за динамично регуляризиране на мрежата. Посредством разработения метод мрежата се поддържа по-финна в зоните с по-голям градиент на кривината и нормалния вектор. Представени са симулации на динамиката на пенна капка в линейно вискозно течение.

Б. Числено симулиране на многофазови течения базирано на опростени модели:

В тази група са работите [6-8,11] в които са разработени числени методи за решаване на двумерни опростените модели (на смазката или граничния слой) в някои от фазите.

В публикация [8] числено се изследва влиянието на отношението на вискозитетите (на капката и този на непрекъснатата фаза) върху скоростта на изтичане на филм между две взаимодействащи си капки при малки числа на Рейнолдс и малки капилярни числа. Математическият модел е базиран на уравненията на Стокс в капките и уравненията на смазката във филма между тях, като отчита и профила на филма. При това опростяване скоростта във филма е само в направление по продължението на филма и се състои от две компоненти: едната е тангенциалната скорост на междуфазовата граница; другата е с параболичен профил. За пръв път в [8] се решава числено моделът в който участват и двете компоненти на скоростта. Численият метод се състои от метод на граничните елементи за уравненията на Стокс в капките и метод на крайните разлики за филмовата фаза, като двете решения са свързани посредством скоростта на междуфазовата граница. За подобряване ефективността на метода се използва неравномерна стъпка по пространството и многостъпкова схема по времето с адаптивен избор на стъпките. Числени тестове и сравнения с други решения са проведени за да докажат надеждността на представения метод. Числено са изследвани два режима на взаимодействие между капките: когато те се приближават една към друга с постоянна скорост и когато се притискат една към друга с постоянна сила.

Публикацията [7] е разширение на работата [8] в случая когато течността в капките е не-Нютонова. В този случай в областите на капките трябва да се решават уравненията на Навие-Стокс. Така за решаване на уравненията в капките се използва метод на крайните елементи. Използвани са триъгълни крайни елементи от втори порядък по отношение на скоростта и линейна прекъсната апроксимация на налягането. За подобряване ефективността на разработената числена схема се използват силно неравномерни мрежи от крайни елементи. Числено е изследвано влиянието на различните параметри върху скоростта на изтичане на филма, както и неговия профил. Отчетено е и влиянието на

разклинящото налягане (сили на ван дер Валс) върху критичната дебелина на филма при която се очаква неговото скъсване.

Работа [6] е разширение на [9] в случая на наличие на неразтворими повърхностно активни вещества. В този случай наличието на повърхностно активни вещества с неравномерна концентрация върху междуфазовата граница води до допълнителни тангенциални напрежения на границата, Марангониеви напрежения. За числено моделиране на тази ситуация е разработен метод на крайните разлики за решаване на уравнението на топло-масопренос върху междуфазовата граница. За подобряване ефективността на схемата за интегриране по времето е използван многостъпков метод с автоматичен избор на стъпките.

В публикация [11] е разработен метод за числено симулиране на съвместни топло-масообмен и химическа реакция около плоска граница в двуфазно стационарно ламинарно течение. Математическият модел се основава на апроксимация на граничния слой на двумерните уравнения на Навие-Стокс и съответните уравнения от тип конвекция-дифузия за топлината и концентрацията в двете фази. На интерфейса между фазите са отчетени ефектите на нормалното и тангенциално вторични течения, възникващи от градиентите на повърхностно напрежение и концентрация. Численият алгоритъм се основава на линеаризация на нелинейните членове чрез метода на последователните итерации. Получените уравнения се дискретизират посредством явни и неявни диференчни схеми върху неравномерни мрежи. За конвективните членове е използвана апроксимация с централни разлики и срещу потока. Получените системи линейни алгебрични уравнения се решават с метода на насрещната прогонка. Пресметнатите стойности на скоростта, концентрацията и температурата са сравнени със съществуващи аналитични резултати при някои стойности на параметрите и е показано отлично съвпадение с тези резултати. Разработеният научен софтуер е предоставен на Хр. Бояджиев и Й. Халачев от Инст. по Инж. Химия (БАН).

В. Числено симулиране на многофазови течения с трифазни контактни линии:

Това са работите [9,10,12] в които числено се симулират двумерни течения при наличие на трифазна контактна линия, при която три фази си взаимодействат едновременно. Тези случаи изискват специално внимание както по отношение на моделиране (сингулярността на контактната линия), така и по отношение на числените методи за решаване на тези модели.

В [12] се разглежда случаят на трифазно взаимодействие, когато едната от фазите е твърда. Разглежда се случаят на движение на междуфазова граница течност-газ в капиларна тръба. За решаване на математическия модел се използва метод на крайните елементи. Използват се четириъгълни изопараметрични деветточкови крайни елементи с квадратична апроксимация на скоростта и линейна за налягането. Числено се изследва влиянието на различни модели в околност на контактната линия върху глобалното решение по отношение на профила на междуфазовата граница.

[10] е разширение на работата [12] по отношение на типа на трифазната контактна линия. В [10] се разглежда и случаят на трифазна контактна линия когато и трите фази са флуидни. В този случай в трифазната контактна линия се „събират” три предварително неизвестни междуфазови граници. Направените сравнения с налични експериментални резултати показват надеждността на числения модел за симулиране на многофазни течения при наличие на трифазни контактни линии.

В работата [9] числено се изследва разпространение на омокрящ филм върху твърда плоскост под действие на силите на ван дер Валс. Математическият модел е базиран на уравненията на смазката и резултира в стационарно нелинейно уравнение от трети ред за дебелината на филма. За решаване на уравнението е разработен метод на крайните разлики използвайки шестточкова схема върху неравномерна мрежа. За намиране на стационарната форма на междуфазовата граница посредством чисто неявна схема се използва обобщения метод на Нютон. Специално внимание е обърнато и на подходящ избор на началното приближение.

26.09.2011 г.
гр. София

Подпис:
/д-р И. Бажлеков/