

## СТАНОВИЩЕ

от чл.-кор. проф. д-р Красимир Димитров Данов от ФХФ на СУ „Св. Кл. Охридски“  
член на научното жури по защитата на дисертационен труд за получаване на  
образователната и научна степен „доктор“

Автор на дисертационния труд: Галина Люцканова-Жекова, редовен докторант по  
професионално направление 4. *Природни науки, математика и информатика*, 4.5.  
*Математика* по докторска програма „Математическо моделиране и числен анализ“  
Тема на дисертационния труд: „Числено моделиране на нелинейни задачи от втори и  
четвърти ред: приложение във физикохимията и биологията“

**Кратки биографични данни за кандидата.** Галина Люцканова-Жекова завършва бакалавърска степен по „Приложна математика“ през 2014 г. и магистърска степен, специалност „Изчислителна математика и математическо моделиране“, през 2016 г. във ФМИ при СУ „Св. Кл. Охридски“. През 2017 г. е зачислена в редовна докторантура към докторска програма „Математическо моделиране и приложение на математиката“ в ИМИ при БАН. През 2020 г. е отчислена с право на защита поради изтекъл срок.

**Научни публикации.** Галина Люцканова-Жекова е съавтор на 6 научни публикации. Дисертационният труд се базира на публикуваните резултати в 3-те публикации: една в *Physics of Fluids* (Q1) и две в сборниците *Numerical methods and applications*, Springer 2019 и *Progress in industrial mathematics*, 2019. Към момента са забелязани 3 цитата (без автоцитати).

**Докладване на резултатите пред научни форуми.** Резултатите включени в дисертацията са обнародвани на 7 международни и национални научни форума, като всички участия са лично на докторантката.

**Преподавателски опит.** През периода от 2017 г., Галина Люцканова-Жекова е била последователно математик, асистент на половин и пълен щат към ФМИ на СУ. През този период е водила семинарни занятия като е изпълнявала и преизпълнявала цялостната си учебна натовареност. Това е позволило да се съчетае нейната изследователска дейност с преподавателския опит. Като ръководител на представителния отбор на ФМИ в *CompMath 2017* е допринесла за отличното му представяне с общо 14 медала, от които 5 златни и 4 сребърни.

**Участие в проектна дейност.** Докторантката е участвала в 5 проекта с ФНИ в областта на числените методи, математическото моделиране и теория на

апроксимациите. Тя е участвала и в 3 проекта с фирми. В работата си Галина Люцканова-Жекова проявява отлични организационни и комуникационни качества, отразени в участието и в Организационните комитети на 5 научни мероприятия на национално ниво.

**Тематика на дисертацията.** Актуалността на тематиката на дисертационния труд се определя от приложния характер на разгледаните конкретни задачи в областта на физикохимията и биологията. От математическа гледна точка, те се свеждат до гранични задачи от втори и по-висок ред зададени с частни диференциални уравнения в области със сложна геометрия. Едно от най-големите съвременни технологични предизвикателства е подреждането на микронни и нано частици на повърхността на флуидни граници в регулярни решетки. Поради малките им размери тези частици извършват брауново движение като си взаимодействат със сили от молекулярен характер и триене с флуидните фази. За адекватното компютърно моделиране на много-частичковите взаимодействия от решаващо значение е сравнително бързото и точно пресмятане на различните компоненти на силите. В този аспект математическата постановка на конкретните задачи е известна в литературата, но са необходими достатъчно бързи и прецизни числени методи за реализиране на конкретните пресмятания. Две от най-трудните задачи в този контекст са: определяне на разпределението на електричното поле около заредена частица на границата между два диелектрика; пресмятане на силата на триене при транслационно движение на частица на границата между два вискозни несвиваеми флуида.

Определянето на движението на капки и мехурчета в тесни капиляри със сложна геометрия е от решаващо значение за редица медицински, биологични и технологични приложения. Флуидните обекти претърпяват значителна промяна на формата си поради ограниченото пространство в капилярите и това води до тяхното запушване. Движението се осъществява под действие на разлика в приложените налягания и гравитацията. Тази може да се каже класическа задача е решавана аналитично за много ограничен диапазон на капилярните числа и числено – за изцяло тангенциално подвижни граници. В редица случаи се наблюдават съществени отклонения между теоретичните и експерименталните резултати. В този аспект в предложения дисертационен труд е постигната сериозна крачка напред.

**Основни научни приноси.** Получени резултати са обобщени в заключенията към основните части, а приносите са формулирани в края на дисертационния труд. С тяхната формулировка и значимост съм съгласен като те правилно отразяват и покриват изцяло поставените цели.

Аз бих формулирал тези приноси както следва.

1. Решена е задачата за разпределение на електростатичния потенциал на заредена сферична частица на границата между две диелектрични фази. Чрез подходящо конформно изображение сложните области, в които се разглеждат частните диференциални уравнения на Лаплас, се свеждат до правоъгълници. Това е дало възможност да се разработи ефективна числена процедура от втори ред по итерационното време за бързо решаване на задачата. Оригинално е преобразуването на граничните условия, така че да се запази вторият порядък на числената процедура. Извършените числени пресмятания потвърждават ефикасността на избрания подход за решаване на конкретната задача.

2. Решена е хидродинамичната задача за транслационно движение на сферична частица на границата между две вискозни фази в приближение на Стокс. За целта е избран оригинален подход за свеждане на 3D задачата към 2D с използване на конкретната мода на Фурие преобразованието. Чрез трансформиране на неподходящата за числено моделиране задача на Стокс към задача за векторните и скаларни потенциали е получена система от частни диференциални уравнения от втори ред във всяка една от разглежданите области. Сложността се пренася от обема към преформулиране на граничните условия, която е преодоляна с подходяща адаптация на числения подход от втори ред. В резултат е разработен числен алгоритъм, който е над 10 пъти по-бърз от този използван в литературата. Приложимостта му е богато илюстрирана като е изолирана и типичната особеност на решенията в трифазната контактна линия.

3. В задачата за движение на дълго капка или мехурче в цилиндрична капиляра е използвана класическата идея на Bretherton. Постигнат е сериозен напредък като аналитично е решена задачата в приближение на тънките течни филми с точност до втори порядък включително. В резултат на това задачата се свежда до гранична задача от шести ред за определяне на профила на флуидния обект. Тази задача е решена числено. Комбинацията на аналитичен подход и числено решение довежда до повече от 400 пъти по-широк диапазон на приложимост на резултатите в сравнение с тези известни от литературата. Получено е отлично съвпадение с налични експериментални данни за движение на флуидни обекти под действие на гравитацията, разлика в наляганията и на двата ефекта заедно. Количествено са определени диаграмите на съществуване на решение, което е от съществено значение за планиране на експериментите и практическите приложения. Богато са илюстрирани резултатите за много широк кръг от

числа на Бонд, капилярни числа и тези отговарящи за приложената разлика в наляганята. Не случайно тази част е публикувана в списание от ранг Q1.

**Оформяне на дисертационния труд.** Дисертацията е написана ясно, системно и е безупречно оформена. Структурирането на материала е правилно подбрано като са разделени ефектите в трите моделни задачи. Резултатите са подходящо представени и старателно илюстрирани от множество фигури и уравнения, като и приложените допълнителни материали към дисертационния труд. Цитираните 142 литературни източника свидетелстват за детайлно проучване на наличната литература по темата на дисертацията. Авторефератът правилно отразява основното съдържание на дисертационния труд и е оформен според изискванията.

### **Заключение**

Галина Люцканова-Жекова е получила оригинални и много интересни резултати. Ефектите на повърхностните свойства върху подвижността на частици на междуфазова граница и електро-потопящата сила както и ролята на повърхностната реология върху подвижността на мехурче в капиляра са описани на високо ниво с разработени оригинални математически и числени модели. Публикациите по дисертацията са в реномирани списания с висок импакт фактор (една в Q1). Всички допълнителни изисквания на ИМИ-БАН са удовлетворени. Ще гласувам убедено да бъде присъдена образователната и научна степен *„доктор“* в професионално направление *4. Природни науки, математика и информатика, 4.5. Математика* на Галина Люцканова-Жекова.

07 декември 2022 г.

Член на журито:

/чл.-кор. проф. дмн Красимир Д. Данов/