

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Белоусова Кирилла Ильича «Моделирование конвективно-диффузионного массопереноса веществ при выборе конструкций и режимов функционирования микрофлюидных устройств», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики в диссертационный совет Д 002.034.01 на базе ИАП РАН

Диссертационная работа К.И. Белоусова посвящена созданию физических моделей и численному моделированию процессов, проходящих в микрофлюидных устройствах, с целью определения условий, обеспечивающих заданную точность и воспроизводимость анализа жидких биологических проб. Рассматривается процесс ввода пробы в устройствах для электрофоретического разделения, условия уменьшения ее дисперсии, что потенциально обеспечивает повышение разрешающей способности анализа. Отдельное внимание уделено средствам достижения равномерного распределения реагентов при проведении аналитических химических реакций в микрофлюидных чипах для анализа на месте забора пробы и внутри капель микрометровых размеров, что особенно важно для повышения воспроизводимости результатов реакции. С помощью численного моделирования впервые рассмотрено перемешивание в вихрях Дина реагентов при их растворении с поверхности микрофлюидного чипа, создана модель активного механического перемешивания с помощью пьезомембраны для выбора режима ее колебаний, изучены различные геометрии асимметричных генераторов капель и влияние расходов фаз для совершенствования процесса перемешивания на этапе формирования капель. Кроме того, разработаны процедуры, обеспечивающие высокую точность решения дифференциальных уравнений, описывающих указанные процессы, методом конечных элементов. Даны рекомендации по выбору условий решения конвективно-диффузионных задач (шага времени и сетки, порядка базисных функций, схемы дискретизации), в рамках которых предложены модифицированные варианты безразмерных критериев, характеризующих устойчивость численного решения. Разработаны процедуры определения параметра мобильности, представляющие собой необходимый этап расчета течения двух несмешиваемых фаз методом фазового поля. Актуальность проведения подобных исследований обусловлена востребованностью микрофлюидных технологий (лабораторий на чипе, lab-on-a-chip), которые ускоряют проведение анализа и уменьшают количество требуемой пробы. Принимая во внимание вышесказанное, можно сделать заключение не только о высокой актуальности тематики работы, но и о существенной научной новизне исследования в целом, а также о практической значимости полученных результатов.

В автореферате обоснована актуальность работы, представлены цели и задачи, изложено содержание диссертации, представлены основные результаты и выводы, приведен список публикаций по теме работы. Неоспоримым достоинством диссертационной работы является ее комплексность: от выбора решаемых уравнений и условий их решения, проведения самого моделирования до обоснования на его основе совершенствования конструкций микрофлюидных чипов и режимов проведения анализа и проведения экспериментальных исследований, подтверждающих достоверность результатов моделирования. Основное содержание работы, представленное в автореферате, позволяет судить о том, что вынесенные на защиту положения являются обоснованными, а поставленные цели и задачи выполнены. Основные результаты работы представлены в 3 статьях, опубликованных в российских изданиях рекомендованных ВАК, в 4 входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и WoS, в 13 публикациях по итогам конференций. Также результаты работы использованы в 2 учебных пособиях и 1 монографии.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

- 1) В тексте автореферата не приведены выражения для используемых в работе капиллярного числа и числа Дина;
- 2) Рисунок 7 б) перегружен графическими данными;
- 3) В автореферате отсутствует пояснение причин снижения эффективности активного механического перемешивания с ростом частоты колебаний расхода жидкости и способ оценки этой эффективности.

Высказанные замечания носят дискуссионный характер и ни в коей мере не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования К.И. Белоусова.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор, Белоусов Кирилл Ильич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

к.ф-м.н, зав. лаб. Возобновляемых источников энергии Санкт-Петербургского национального исследовательского Академического университета им. Ж.И. Алферова Российской академии наук

Мухин Иван Сергеевич



194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, д. 8, к. 3, лит. А
Тел: (812) 448 69 80, доб. 5700
E-mail: imukhin@spbau.ru

Подпись Мухина И.С. удостоверяю

