

0.1. Белоусов К.И., Кухтевич И.В., Букатин А.С., Евстапов А.А. Численное моделирование перемешивания веществ внутри капли в различных инжекторах микрофлюидного чипа

Перспективным подходом к созданию приборов и устройств для анализа и синтеза малых количеств веществ является «капельная» микрофлюидика [1]. Проведение химических реакций внутри капли имеет ряд преимуществ, в том числе -ускорение смешения компонентов пробы, происходящее, как вследствие малых размеров капли (диаметр – 5...50 мкм), так и за счет организации вихревых потоков внутри неё [2]. Одним из наиболее часто используемых способов формирования капель является их генерация в фокусирующих потоках [3].

Целью данной работы являлось определение топологии микрофлюидного чипа, обеспечивающей наилучшее смешивание двух реагентов в капле на этапе её формирования. Для этого было проведено моделирование процессов формирования водоподобных капель в потоке масла для различных топологий микрофлюидных чипов. При моделировании использовались уравнения Навье–Стокса и неразрывности для описания переноса жидкостей. Смещение границы раздела двух несмешиваемых фаз определялось путем минимизации свободной энергии системы. Закон Фика использовался для расчета движения реагента, растворенного в дисперсной фазе. Уравнения решались методом конечных элементов в программе COMSOL Multiphysics. Для оценки эффективности перемешивания реагента после формирования капли внутри её границ вычислялся индекс смешивания, характеризующий отношение дисперсии концентрации реагента в капле к максимально возможной.

В результате моделирования были получены зависимости индекса смешения от капиллярного числа и вязкости непрерывной фазы. Было установлено, что уменьшение капиллярного числа приводит к уменьшению индекса смешивания при увеличении диаметра капель. Высокая вязкость непрерывной фазы обеспечивает формирование вихревых потоков в области генерации капель, что приводит к росту индекса смешивания в асимметричных топологиях, но не оказывает существенного влияния на перемешивания в классических симметричных топологиях. Таким образом, асимметричное расположение каналов позволяет увеличить индекс смешивания примерно в 1,5 раза по сравнению с их классической компоновкой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №15-19-10041), при государственной финансовой поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 074-У01) и при финансовой поддержке университета ИТМО проводимых под

руководством молодых ученых НИР (тема № 415831).

Список литературы

- [1] LEE C. C., SNYDER T. M., QUAKE S. R. A microfluidic oligonucleotide synthesizer // *Nucleic acids research.* — 2010. — Vol. 38, P. 2514–2521.
- [2] SUN Y. K., KANG S. A review on mixing in microfluidics // *Micromachines.* — 2010. — Vol. 1, No 3, P. 82–111.
- [3] КУХТЕВИЧ И. В., ПОСМИТНАЯ Я. С., БЕЛОУСОВ К. И., БУКАТИН А. С., ЕВСТРАПОВ А. А. Принципы, технологии и устройства "капельной" микрофлюидики. Ч. 1 // *Научное приборостроение.* — 2015. — Т. 25, № 3, С. 65–85.