

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОФЛЮИДНЫХ РЕАКТОРОВ

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам энергоэффективности и энергосбережения. Применение микрореакторных устройств позволяет значительно интенсифицировать физико-химические процессы по сравнению с классическими крупногабаритными реакторами. Полученные результаты позволят оптимизировать микромиксеры с наименьшим временем перемешивания, а также снизить затраты на их производство за счет интенсификации физико-химических процессов.

Проведено численное исследование смешения жидкостей в Т-образном микроканале со вставками различной формы. Размеры микромиксера: входные каналы 100x100 мкм; канал смешения 100x200x1500 мкм. Численная методика и подробное описание условий задачи описаны в работе [1].

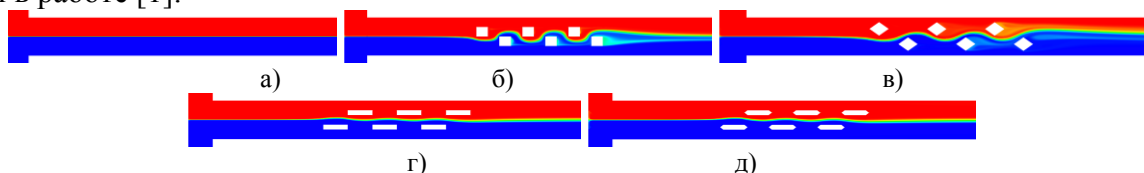


Рис. 1. Профиль концентрации при $Re=100$; а) без вставок; вставки: б) квадратные; в) ромбовидные; г) прямоугольные; д) прямоугольные скошенные.

Получены зависимости эффективности смешения (рис.2) и перепада давления (рис.3). Как видно, ромбовидные препятствия обеспечивают наибольшее повышение эффективности смешения (до 16 раз при $Re=100$) и увеличение перепада давления (до 4,5 раз при $Re=100$ и вплоть до 6 раз при $Re=300$).

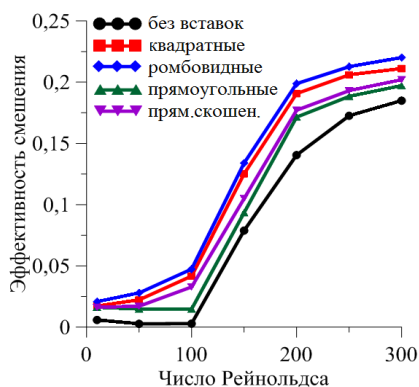


Рис.2. Зависимость эффективности смешения от числа Рейнольдса.

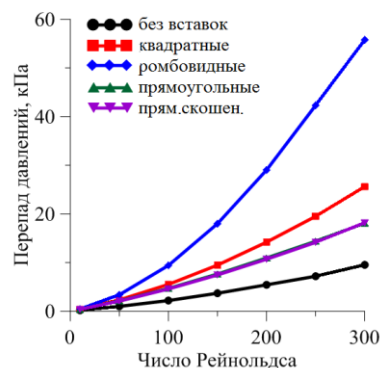


Рис.3. Зависимость перепада давления от числа Рейнольдса.

Проведено численное исследование эффективности перемешивания жидкостей в микромиксерах сложной геометрической формы с разным количеством сегментов (2, 4 6). Численная методика и условия задачи описаны в работе [2]. Как видно на рис.4, несмешанный поток поступает в первый цилиндр, где он вращается по спирали, а затем входит во второй

цилиндр, где снова завихряется и смешивается. Образуются две основные вихревые структуры: вдоль оси цилиндров (рис. 4б), в правом верхнем углу первого цилиндра и нижнем правом углу второго цилиндра (рис. 4а).

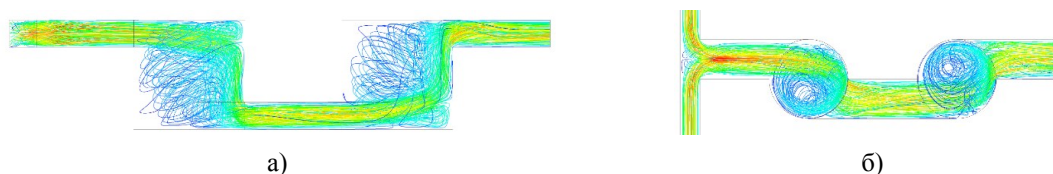


Рис.4. Скорость обтекания: а) вид сбоку, б) вид сверху для 2 сегментов, $Re=120$.

Проведено вычислительное исследование влияния геометрии микромиксера на эффективность перемешивания в широком диапазоне чисел Рейнольдса $1 \leq Re \leq 300$. Было обнаружено, что с увеличением количества сегментов эффективность смешения увеличивается (рис. 5).

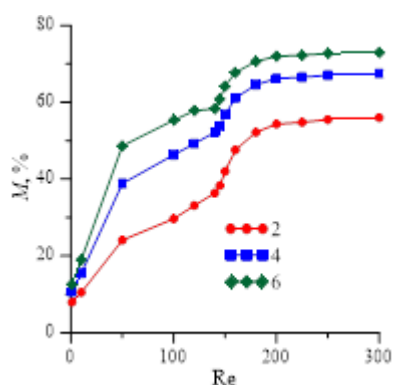


Рис.5. Зависимость эффективности смешения от числа Рейнольдса.

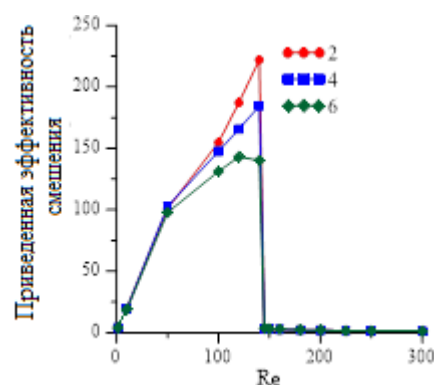


Рис.6. Зависимость приведенной эффективности смешения от числа Рейнольдса.

Получена зависимость относительной приведенной эффективности смешения от числа Рейнольдса (рис.6). Выявлено, что использование микромиксеров сложной геометрической формы позволяет интенсифицировать процессы смешивания, особенно при малых числах Рейнольдса, например при $Re = 140$, это значение около 230.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта №18-48-243011: «Расчетное исследование способов повышения эффективности микрофлюидных реакторов».

Список литературы

1. Lobasov A. S., Shebeleva A. A., Minakov A. V. Numerical Investigation of the Effect of Obstacles on the Thermal Exchange and Mixing Efficiency of Fluids in Microchannels // IEEE Xplore. 2019.
2. Lobasov A. S., Shebeleva A. A., Minakov A. V. Numerical Investigation of the Fluids Mixing Efficiency in the Micromixer with Cylindrical Section of Swirl Flow// IEEE Xplore. 2019.