

## Численное исследование ламинарного течения вязкой несжимаемой жидкости со взвешенными твердыми частицами в наклонном канале<sup>1</sup>

Юлмухаметова Р.Р., Мусин А.А., Ковалева Л.А.

Башкирский государственный университет, Уфа

Течение суспензии в каналах широко распространено в природе и технике. Эффективность применения технологий разделения суспензий, основанных на гравитационном осаждении и всплывании твердых частиц, в значительной степени зависит от скорости движения частиц относительно дисперсионной среды. В свою очередь на скорость движения дисперсной фазы влияют такие параметры как размер и плотность частиц, а также свойства окружающей ее жидкости [1]. При моделировании концентрированных суспензий важно учитывать такие явления, как взаимодействие между частицами, между частицами и стенками, миграция частиц, режим течения, а также подъемные силы действующие на частицы.

При рассмотрении подходов к моделированию течения суспензий можно выделить 2 подхода: одножидкостный и двухконтинуальный [2, 3, 4]. Авторами статьи [4] отмечено то, что, когда устойчивые течения характеризуются малостью времени динамической релаксации частиц по сравнению с гидродинамическим временем или малостью числа Стокса, перенос частиц имеет диффузионный характер. Диффузионная модель суспензии применима для моделирования различных ламинарных потоков суспензии в приближении Стокса. И к тому же в отличие от двухскоростных моделей не требует больших вычислительных затрат, что позволяет значительно облегчить проведение исследования.

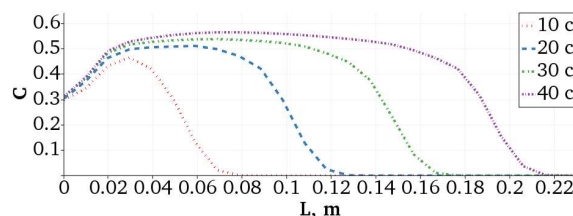
В данной работе моделируется ламинарное течение дисперсной системы, включающей в себя твердые сферические частицы и вязкую несжимаемую жидкость, в наклонном канале прямоугольного сечения.

Математическая модель включает в себя осредненные уравнения сохранения массы и количества движения для дисперсной фазы и дисперсионной среды, записанные с учетом влияния гравитационных сил. Считается, что в начальный момент времени канал был заполнен чистой жидкостью, система находилась при атмосферном давлении в состоянии покоя. В данном исследовании был использован подход, предложенный в работе [4]. Решение системы уравнений математической мо-

дели осуществлено методом контрольных объемов в программном комплексе OpenFoam.

Результаты численного моделирования, полученные ранее с помощью упрощенной математической модели, были проанализированы и сравнены с экспериментальными данными в работе [5]. Результаты моделирования качественно описывали экспериментальные данные, что позволяет судить о достоверности полученных результатов математического моделирования рассматриваемого процесса. В последствии математическая модель была модифицирована в соответствии с [4].

Проведено численное исследование ламинарного течения вязкой несжимаемой жидкости с дисперсными частицами в канале прямоугольного сечения для разных значений расхода жидкости и угла наклона канала относительно горизонта. На рисунке представлены результаты, полученные при угле наклона канала  $30^\circ$  относительно горизонта.



Исследуется зависимость величины осевшего слоя от физических параметров суспензии и характеристик прямоугольного канала.

### Список литературы

- [1] Соковнин О.М., Загоскина Н.В., Загоскин С.Н. Гидродинамика движения частиц, капель и пузырей в неньютоновских жидкостях. М.: Наука, 2019. 215 с.
- [2] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. I - М: Наука. 1987. 464 с.
- [3] Боронин С.А., Осипцов А.А. Двухконтинуальная модель течения суспензии в трещине гидроразрыва // Док. АН. 2010. Т. 431. № 6. С. 758–761.
- [4] Гаврилов А.А., Шибелев А.В. Одножидкостная модель смеси для ламинарных течений высококонцентрированных суспензий // Изв. РАН. МЖГ. 2018. № 2. С. 84–98.
- [5] Yu S Zamula, R R Iulmukhametova, A A Musin, A V Shashkov, L A Kovaleva Experimental and numerical modeling of a viscous incompressible fluid flow with dispersed particles in a rectangular channel // Journal of Physics: Conference Series. 2019. 1359 012039. 6 p.

<sup>1</sup>Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90157.