

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОНОДИСПЕРСНОГО ГРАНУЛЯРНОГО ТЕЧЕНИЯ ОКОЛО КЛИНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХФАЗНОЙ МОДЕЛИ

Г.В. Шоев

*Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.Христиановича СО РАН,  
630090, Новосибирск, Россия*

Гранулярные течения очень важны для различных прикладных задач промышленности. Точное описание поведения гранулярных течений необходимо для разработки и оптимизации производственных процессов. Эйлер-Эйлеровское приближение или двухфазная модель является одним из возможных приближений для численного моделирования гранулярных течений. Двухфазная модель тестировалась для описания многофазного течения в кипящем слое (например, [1-3]), где твердые частицы парят благодаря восходящему потоку воздуха, создаваемого струями, направленными против вектора силы тяжести. Обычно, такие экспериментальные данные показывают усредненные величины по времени и по пространству. Сравнение усредненных экспериментальных данных с численными данными, полученными с использованием различных модификаций двухфазной модели, например, с использованием различных законов сопротивления, практически не показывает никакой разницы [4]. При этом мгновенные распределения частиц значительно различаются в зависимости от закона сопротивления частиц. Существуют другие задачи с гранулярными течениями, например, внешнее обтекание тела [5, 6], когда достигается стационарное состояние, следовательно, нет необходимости в усреднении по времени. Такой тип течений также может быть рассмотрен для валидации различных моделей. Целью настоящей работы является оценка возможностей двухфазной модели реализованной в программном пакете ANSYS Fluent для описания монодисперсного гранулярного течения, приводимого в движение силой тяжести, около клина в условиях недавних экспериментов [5].

Рассматривается течение прозрачных стеклянных бусинок (сфер,  $d=125$  мкм) и воздуха при 1 атмосфере в наклоненном к горизонту прямоугольном канале. Стеклянные бусинки подавались в верхнее сечение канала и затем двигались под действием силы тяжести. В центре канала располагается клин, около которого формируются структура схожая с головной ударной волной. Рассчитанная по двухфазной модели величина отхода головной ударной волны сравнивается с доступными экспериментальными данными [5].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Kuipers J.** A Two-Fluid Micro Balance Model of Fluidized Beds, Ph.D. Thesis. University of Twente, 1990.
2. **Goldschmidt M., Beetstra R., Kuipers J.** Hydrodynamic modelling of dense gas-fluidised beds: comparison and validation of 3D discrete particle and continuum models // Powder Technology. 2004. Vol. 142. P. 23–47.
3. **Muller C., Holland D., Sederman A., Scott S., Dennis J., Gladden L.** Granular temperature: Comparison of magnetic resonance measurements with discrete element model simulations // Powder Technology. 2008. Vol. 184. P. 241–253.
4. **Stanly R., Shoen G.** Detailed analysis of recent drag models using multiple cases of mono-disperse fluidized beds with Geldart-B and Geldart-D particles // Chemical Engineering Science. 2018. Vol. 188. P. 132–149.
5. **Khan A., Hankare P., Verma S., Kumar R., Kumar S.** Shock detachment in granular flows. International Symposium on Shock Waves (ISSW32), 2019.
6. **Gray J., Cui X.** Weak, strong and detached oblique shocks in gravity-driven granular free-surface flows // Journal of Fluid Mechanics. 2007. Vol. 579. P. 113-136.