

ВРАЩЕНИЕ ЧАСТИЦ И ВРАЩАТЕЛЬНАЯ ДИФФУЗИЯ В СУСПЕНЗИЯХ

В.В. Шелухин

Институт гидродинамики СО РАН

Когда концентрация твердых частиц в жидкости велика, известен подход, в котором частицы трактуются как отдельный континуум, взаимодействующий с жидкой фазой. Существуют различные теории взаимодействия двух континуумов. Одна из них известна как гидродинамика сверхтекучей жидкости Ландау-Халатникова, разработанная для описания сверхтекучего гелия II в предположении, что такая среда состоит из обычной и сверхтекучей частей с различными скоростями. В докладе приводится обобщение метода Ландау-Халатникова на случай, когда фаза частиц трактуется как жидкость Коссера-Бингама, т.е. она одновременно является микрополярной жидкостью и вязкопластическим материалом. Теория применима для буровых растворов сошламом, строительных бетонов, крови животных и т.п. На основе разработанного подхода удастся объяснить ряд эффектов в суспензиях, когда важную роль играет вращение частиц и вращательная диффузия. Оказывается, если не учитывать вращение частиц шлама при бурении скважины, то можно значительно ошибиться в оценке внутрискважинного давления. Установлен эффект Зегра – Зильберберга (Nature, 1961) состоящий в том, что в установившемся течении в трубе частицы концентрируются, в основном, в некоторой кольцевой области. Именно вращением частиц удалось объяснить эффект центробежной седиментации. Исследован случай суспензий с нитеподобными частицами (rodlike particles). Установлено, что имеет место эффект сдвигового расслоения (shearbanding), когда появляется конечное число слоев,двигающихся в одном горизонтальном направлении и отличающиеся скоростью сдвига. В некоторых слоях ориентация частиц более или менее одинаковая, что согласуется с известным фазовым переходом из изотропного в нематическое состояние. Важный результат – горизонтальные осцилляции скорости потока, не исчезающие со временем даже при неизменном перепаде давления. Показано, что в рамках разработанного подхода можно обнаружить гистерезисные режимы течения в плоскости переменных перепад давления – полный расход. Этот результат согласуется с данными о работе нефтепроводов, показывающих, что при выходе на заданный режим течения потери давления на трение зависят от предыстории работы компрессоров.

Работа поддержана грантом РФФ 20-19-00058.

Литература

1. Shelukhin V. Flows of linear polymer solutions and other suspensions of rod-like particles: anisotropic micropolar-fluid approach. *Polymers*. 2021;13(21):3679.

Шелухин Владимир Валентинович, Институт гидродинамики СО РАН, Новосибирск, Россия. E-mail: shelukhin@hydro.nsc.ru