

**Гидродинамические течения вязкой жидкости вблизи супергидрофобных поверхностей**

**Агеев Алексей Игоревич**

*Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра аэромеханики и газовой динамики,  
Москва, Россия

*E-mail: aleshka-ageev@mail.ru*

Рассматривается установившееся течение вязкой жидкости в окрестности периода супергидрофобной поверхности - области, ограниченной снизу текстурой супергидрофобной поверхности, состоящей из микровыступов и микролунок, внутри которых удерживается микропузырек воздуха [1]. При течении вязкой жидкости вдоль текстуры супергидрофобной поверхности на участках между жидкостью и газом образуется стабильная межфазная граница, вдоль которой жидкость течет, практически не испытывая трения. Наличие межфазной границы создает проскальзывание частиц жидкости вдоль поверхности, которое характеризуется эффективной длиной скольжения. Цель исследования: определить величину эффективного скольжения как функцию геометрических параметров задачи - формы межфазной границы и ее положения относительно газовой каверны.

Для используемых на практике супергидрофобных поверхностей характерные линейные размеры имеют порядок сотен микрон, поэтому числа Рейнольдса, характеризующие течение вязкой жидкости малы. Таким образом, движение жидкости в окрестности супергидрофобной поверхности описывается уравнениями Стокса. Решение рассматриваемой задачи получено в виде граничных интегральных уравнений для фундаментальных решений оператора Стокса, распределенных по границе области течения жидкости с неизвестными плотностями [2]. Исходная система интегральных уравнений сведена к системе линейных алгебраических уравнений методом, описанным в [3]. Решение СЛАУ было найдено одним из известных решателей [4]. На языке программирования СИ был разработан комплекс программ для решения СЛАУ, соответствующих различным геометриям области течения жидкости, включая межфазную границу, и используемых на практике профилей скорости. Отладка программного кода проведена на основе сравнения тестовых расчетов с известными в литературе результатами, полученными методом граничных интегральных уравнений [5].

При установившемся течении жидкости форма и положение межфазной границы относительно каверны определяются статическим углом смачивания и объемом газового пузыря, удерживаемого в каверне. При таких условиях форма межфазной границы - сегмент окружности, радиус кривизны которой определяется углом смачивания. Решение рассматриваемой задачи с плоской межфазной границей найдено аналитически в виде рядов [6]. В данной работе с использованием разработанного комплекса программ было вычислено поле скорости жидкости над межфазной границей разлной формы и положения. Были обнаружены интересные гидродинамические эффекты, обусловленные наличием межфазной границы. Из осредненного по периоду текстуры граничного условия Навье получена зависимость эффективного скольжения как функция радиуса кривизны межфазной границы и ее положения. Проведено сравнение полученных результатов с доступными в литературе [1]. Установлено, что форма межфазной границы и ее положение относительно каверны решающим образом влияют на величину эффективного скольжения.

Полученные в работе результаты могут найти применение в задачах оптимизации текстуры супергидрофобной поверхности для достижения максимального проскальзывания.

### Источники и литература

- 1) Беляев А.В. Гидродинамические и электрокинетические течения вблизи супергидрофобных поверхностей // Дисс. канд. физ.-мат.наук. М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012.
- 2) Pozrikidis C. Boundary integral and singularity methods for linearized viscous flows // Cambridge University Press, 1992. 259 p.
- 3) Якутенок В.Я. Численное моделирование медленных течений вязкой жидкости со свободной поверхностью // Математическое моделирование. 1992. Т. 4. № 10. С. 62–70.
- 4) Абрамова О.А., Иткулова Ю.А., Гумеров Н.А., Ахатов И.Ш. Эффективный метод расчета динамики большого количества деформируемых капель в стоксовом режиме // ДАН. 2014. Т. 456. №2. С. 166–170.
- 5) Higdon J.J.L. Stokes flow in arbitrary two-dimensional domains: shear flows over ridge and cavities // J. Fluid Mech. 1985. V. 159. P. 195-226.
- 6) Nizkaya T.V., Asmolov E.S., Vinogradova O.I. Gas cushion model and hydrodynamic boundary conditions for superhydrophobic textures // Phys. Review E. 2014. 90. 0430176.