

0.1. Ямов А.А. Численное моделирование течений в шероховатых каналах для оценки применимости формул, корректирующих закон Пуазейля

Закон Пуазейля:

$$\Delta p = \frac{\mu q L}{w^3} \quad (1)$$

определяет перепад давления Δp при ламинарном течении несжимаемой жидкости с расходом q и вязкостью μ в плоском канале длины L постоянной ширины w . Данный закон используется также для описания течения жидкости в естественных трещинах горных пород и трещинах гидроразрыва [1], однако наличие шероховатости реальных каналов может приводить к существенным отклонениям в расчетах. Поэтому возникает необходимость добавления в (1) корректирующего коэффициента, учитывающего шероховатость берегов. Хотя построение формулы для этого коэффициента является предметом многочисленных исследований [2], окончательная теория еще далеко не сформирована [3].

В настоящей работе с использованием программного комплекса CADRUN [4] в двумерной и трехмерной постановках было проведено численное моделирование ламинарных течений в каналах с неровными берегами для оценки погрешности самого закона Пуазейля (1) и некоторых формул, учитывающих различные коэффициенты шероховатости. Поверхности берегов канала были заданы в виде периодических функций, что позволило проводить расчет и анализ на одном элементе канала с заданной точностью. Несмотря на то что рассмотрение относительно ограниченного класса поверхностей не дает возможности вывести универсальную формулу, анализ численных расчетов позволил выделить диапазон параметров (частота, амплитуда и форма шероховатости), при которых закон (1), а также аналитические и статистические соотношения оказываются неприменимыми.

Показано также, что такие характеристики шероховатости, как среднее значение и среднеквадратичное отклонение поверхности, несмотря на их широкое распространение, не могут служить основой для построения формулы корректирующего коэффициента закона Пуазейля (1) ни для каналов с берегами произвольной формы ни для более узкого класса каналов с симметричными берегами. В то же время для каналов с параллельными берегами, форма которых задается тригонометрическими функциями, удалось выявить параметры, определяющие значение корректирующего коэффициента.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 25-21-00031).

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Лапин В. Н.

Список литературы

[1] Черный С. Г., Лапин В. Н., Есипов Д. В., Курянаков Д. С. Методы моделирования зарождения и

распространения трещин / Новосибирск: СО РАН, 2016.

[2] HE X., SINAN M., KWAK H., HOTEIT H. Numerical modeling of the effects of roughness on flow and eddy formation in fractures. // *Adv. in Water Res.* 2021. Vol. 154. N. 103984.

[3] NGUYEN X.X., DONG J.-J., YU C.W. Is the widely used relation between mechanical and hydraulic apertures reliable? Viewpoints from laboratory experiments. // *Int. J. Rock Mech. & Min. Sci.* 2022. Vol. 159. N. 105226.

[4] Черный С. Г. и др. Численное моделирование течений в турбомашинах / Новосибирск: Наука, 2006.