

# ТРЕХМЕРНОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ СКЛОНОВЫХ ПОТОКОВ С УЧЕТОМ СЛОЖНОЙ РЕОЛОГИИ, ТУРБУЛЕНТНОСТИ И ЗАХВАТА ПОДСТИЛАЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

*Романова Д.И.*

*Механико-математический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

Доклад посвящен математическому моделированию природных потоков на горных склонах. Примерами таких потоков являются снежные лавины, сели, катастрофические водные потоки, оползни, лавовые потоки и т. д. Эти потоки могут представлять большую опасность для жизни и деятельности людей в горах. При проектировании и строительстве дорог и других объектов в горах необходимы сведения о границах распространения таких потоков и об их динамических параметрах. Такие сведения могут быть получены путем математического моделирования.

До настоящего времени при численном моделировании потоков на склонах применялся гидравлический подход, то есть использовались уравнения, осредненные по глубине. С развитием измерительной и вычислительной техники появляется возможность построения и использования новых, более сложных, трехмерных моделей, в явной форме учитывающих реологические свойства материала потока и описывающих распределение параметров потока в том числе и по глубине. Такая модель и ее численная реализация разработаны автором и представлены в этом докладе.

В разработанной модели в трехмерной постановке учитываются нелинейная реология движущейся среды, сложный рельеф местности, турбулентность, а также разрушение и захват потоком материала склона. Автором осуществлено численное моделирование некоторых конкретных потоков на основе этой модели. Программная реализация модели разработана на основе пакета OpenFOAM, в который были включены дополнительные модули, разработанные автором, отвечающие за обработку цифровой модели рельефа, нелинейную реологию и вовлечение донного материала.

Отдельная часть доклада посвящена калибровке констант  $k$ - $\epsilon$  и  $k$ - $\omega$  SST моделей турбулентности для потоков со свободной поверхностью под действием силы тяжести. Приведено сравнение различных турбулентных моделей по результатам моделирования экспериментов по спуску турбулентного потока, проведенных исследователями в университете Исландии и экспериментов, поставленных по инициативе и под руководством автора в НИИ Механики МГУ.