

Численное моделирование склоновых потоков в пакете OpenFOAM на примере Хибинских гор.

Романова Дарья Игоревна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: romanovadi@gmail.com

Проблема. Рассмотрена принудительно спущенная лавина вблизи города Кировск в Хибинских горах в 22:00 18 февраля 2016 года. Лавина приобрела катастрофический характер и унесла жизни трёх людей, в том числе одного из сотрудников лавинной службы. Были засыпаны железная и автомобильная дороги, выбиты окна в трёх близлежащих домах. Данная лавина сошла из 22 очага на горе Юкспор, модель данного очага и была создана в работе. В результате исследования были получены значения высоты и скорости движения фронта снежной лавины.

Программное обеспечение. OpenFOAM — открытая интегрируемая платформа для численного моделирования задач механики сплошных сред. Используется решатель InterFoam, предназначенный для расчета нестационарного течения двух сред, разделённых резкой границей раздела или свободной поверхностью. Двухфазный алгоритм в InterFoam основан на численном методе конечных объемов, в котором используется транспортное уравнение переноса вещества, чтобы определить относительную объемную долю фазы α в каждой расчётной ячейке.

Модель. Лавина представлена как ламинарный двухфазный поток — снег и воздух. Примем в качестве модели для снега вязкую несжимаемую жидкость. В расчетах взяты следующие свойства сред:

Снег	Воздух	
$\rho = 300 \text{ кг/м}^3$	$\rho = 1 \text{ кг/м}^3$	(1)
$\nu = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$	$\nu = 1.48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$	

Геометрия. Цифровая модель рельефа 22-го лавинного очага была создана при помощи растровой географической карты с регулярно расположенными точками формата ASCII GRID. Линейный размер квадратной ячейки карты составляет 5 м. Расчётная сетка была измельчена в 5 раз по горизонтальным координатам. Шаг сетки по вертикальной координате приблизительно равен 1 м.

Начальные условия. Начальное условие задачи состоит из покоящегося ($\vec{U} = 0$ всюду) слоя снега, распределённого на склоне в соответствии с искривлением рельефа, то есть чем ближе к центру русла, тем больше глубина снега. Глубина снега во всех точках не превышает 5 м. Маркерная функция α равняется 1 в тех ячейках, где снег есть, и 0 в остальных.

Граничные условия. Нижняя граница расчётной области задана как поверхность, на которой установлено условие прилипания. Боковые и верхние границы расчётной области заданы как стандартные участки границы с условием протекания, на которых действует атмосферное давление.

Уравнения. Поток описывается следующей системой уравнений:

$$\frac{\partial \rho \vec{U}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{U} \vec{U}) = - \nabla p + \nabla \cdot (\mu \nabla \vec{U}) + \rho \vec{g}$$

$$\nabla \cdot \vec{U} = 0$$

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{U} \alpha) + \nabla \cdot (\vec{U}_r \alpha (1 - \alpha)) = 0$$