

Д. В. Гурьев, аспирант  
(Новационная фирма «Кузбасс-НИИОГР», КузГТУ, г. Кемерово)

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ДАМБ

Одним из основных условий надежности грунтовых дамб является обеспечение статической и динамической устойчивости, которая напрямую зависит от физико-механических свойств насыпных грунтов, исследование которых играет важнейшую роль в процессе проектирования и эксплуатации этих сооружений.

По результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных на 18 предприятиях Кузбасса, составлена матрица физико-механических свойств сухих и влажных грунтов и выполнена проверка этой выборки на принадлежность к основным статистическим гипотезам: нормальному закону распределения и гипотезе об однородности средних.

Проверка на принадлежность нормальному закону выполнялась для угла внутреннего трения, сцепления и плотности по критерию Пирсона, путем сравнения фактического значения критерия, вычисляемого по формуле (1), с теоретическим.

$$\chi^2_{\Phi} = \sum \frac{(n_i - n_i^t)^2}{n_i^t}, \quad (1)$$

где  $n_i$  – частота признака в интервале;  $n_i^t$  - теоретическая частота.

Установлено, что нулевая гипотеза о подчинении свойств нормальному закону распределения подтверждается для большинства выборочных данных (рис.1).

Используя правило трех сигм, согласно которому абсолютная величина отклонения от среднего не превосходит значения утроенного среднего квадратического отклонения, выделены интервалы значений физико-механических свойств, характеризующие пределы их изменчивости.

Принадлежность значений физико-механических свойств отдельных предприятий генеральной совокупности подтверждена не превышением критического значения критерия Стьюдента (t-критерий) фактическим, определяющийся:

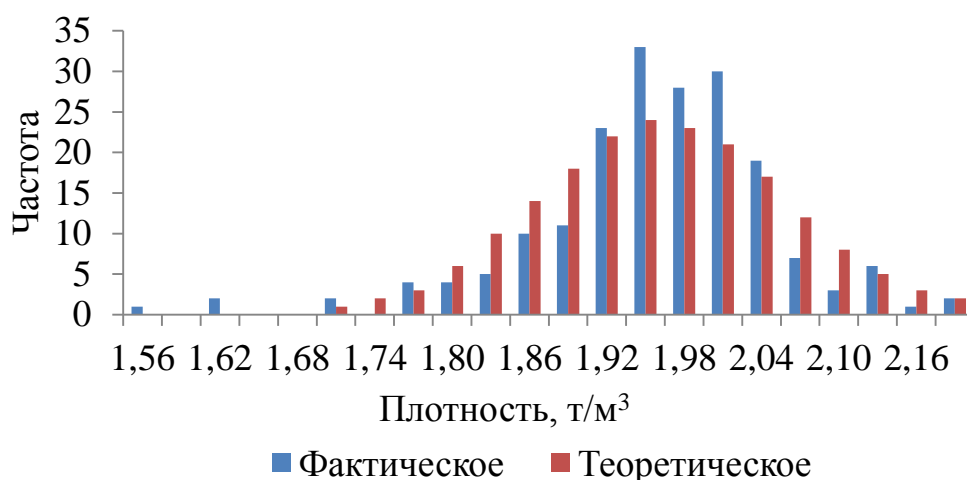


Рис.1. Гистограмма распределения значений плотности

$$t_{\phi} = \frac{y_i \times \sqrt{m_i \times (n - 2)}}{\sqrt{n - m_i - m_i \times y_i}}, \quad (2)$$

где  $n$  – объем общей выборки,  $m_i$  – объем выборки для  $i$ -го предприятия,  $y_i$  – относительное отклонение.

Проведенные исследования позволили сформировать региональную таблицу физико-механических свойств грунтов для дамб Кузбасса, которые целесообразно использовать на этапе проектирования насыпных сооружений из суглинистых грунтов для расчёта устойчивости откосов.

В практике, как правило, используются графоаналитические методы расчета устойчивости насыпных сооружений, обеспечивающие достаточную точность для решения инженерных задач, однако весьма трудоемки. Поэтому автоматизация работ по оценке устойчивости насыпных инженерных сооружений на сегодняшний день является актуальной задачей. Реализована эта задача на кафедре маркшейдерского дела КузГТУ в программе для ЭВМ «Устойчивая насыпь», которая позволяет выполнять расчет устойчивости низового откоса для одноярусных насыпных сооружений, таких как дамба, плотина, отвалы вскрышных пород, дорожные насыпи и др. Расчет может выполняться для различных видов оснований сооружений: прочное, слабое и наклонное слоистое.

Для сооружений на прочном и слабом основаниях расчет активных и реактивных сил выполняется методом алгебраического сложения.

Для работы в программе оператору необходимо задать геометрические параметры и физико-механические свойства (угол внутреннего трения, сцепление, плотность насыпного сооружения), а также шаг для поиска наиболее напряженной поверхности скольжения.

Потенциальные поверхности скольжения отстраиваются согласно заданному шагу, вдоль всей ширины гребня. По каждой поверхности скольжения вычисляется коэффициент запаса устойчивости и его значение приводится во вкладке «Таблица», где указана ширина призмы возможного обрушения потенциальной поверхности скольжения и значение коэффициента запаса. На видовой экран выводятся ширина призмы возможного обрушения, расчетное значение коэффициента запаса и профиль насыпи с наиболее напряженной поверхностью скольжения.

Расчет суммарных сдвигающих и удерживающих сил, действующих на призмы активного давления и упора сооружения на наклонном слоистом основании (рис.2), выполняется методом многоугольника сил.

Во вкладке «Таблица» в левом столбце указывается ширина призмы возможного обрушения, в правом - невязка многоугольника сил при заданной величине призмы возможного обрушения.

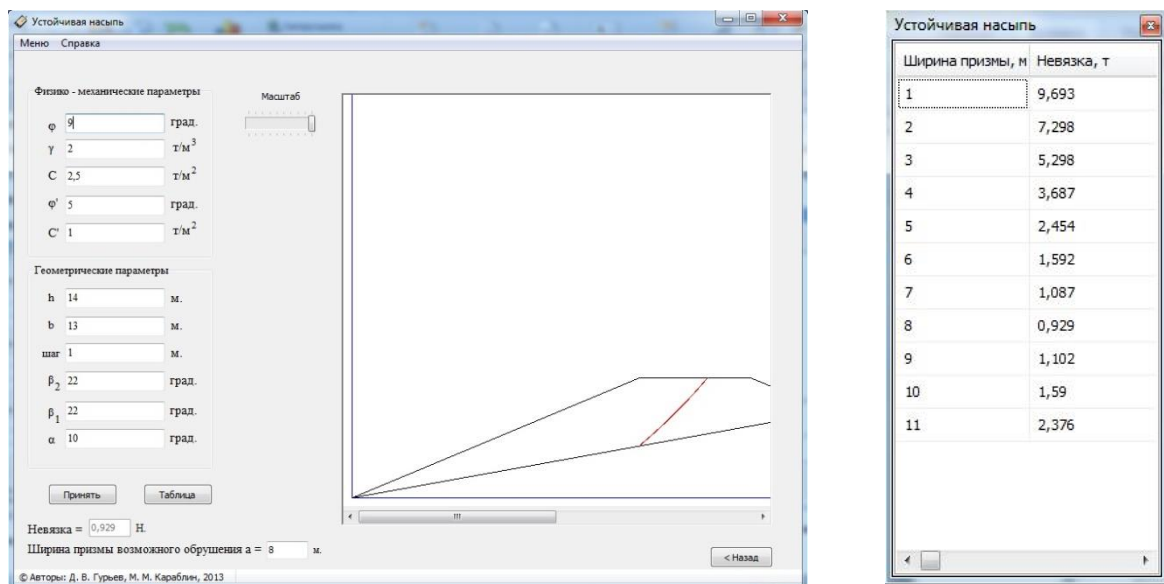


Рис.2. Пример работы программы по расчету устойчивости низового откоса насыпного сооружения на наклонном слоистом основании

Для удобства в программе имеется вкладка «Справка», в которой приведена информация об условных сокращениях, алгоритме работы с программой.

Процедура проектирования дамб накопителей жидких отходов горнопромышленных предприятий, заключающаяся в выполнении многоциклических расчётов, связанных с подбором для заданной высоты сооружения механических свойств грунтов и заложения откосов дамбы, при которых обеспечивается ее устойчивость при использовании программы оптимизируется.