

*А.И. Шершукова, Е.Ю. Чулков,
А.В. Мороз, А.А. Селезнев*

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА*

При моделировании процессов переработки зернистых материалов используют физико-механические характеристики материалов, и в частности, углы естественного откоса [1]. Рассмотрим стандартную методику определения угла естественного откоса. Базовый прибор состоит из основания 1, направляющей 2 и цилиндра 3, на поверхности которого имеется шкала (рис. 1). Процедура определения угла естественного откоса заключается в следующем: цилиндр в направляющей установлен на основании; в цилиндр засыпают исследуемый материал; цилиндр поднимают вверх, и материал из трубы высыпается на основание, образуя конус из зернистого материала; цилиндр 2 опускают вниз до момента касания с зернистым материалом; по шкале определяют угол естественного откоса. Основным недостатком рассмотренной методики заключается в том, что образующие конуса в разных горизонтальных и вертикальных сечениях наклонены под разными углами к горизонту. Более того, момент касания нижней кромкой цилиндра открытой поверхности материала определяется исследователем, т.е. носит субъективный характер. Известно, что даже при использовании стандартных методик [2] отклонения в результатах, полученных разными исследователями, превышают 15 %.

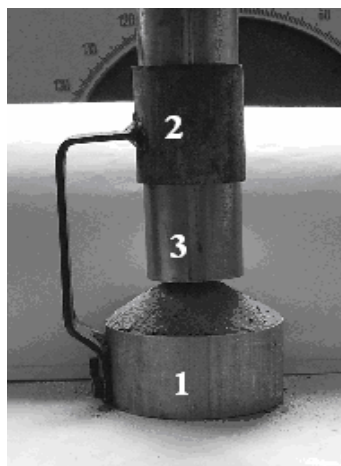


Рис. 1. Общий вид установки

Цель настоящей работы заключается в создании установки, позволяющей максимально использовать возможности современной техники для получения и обработки информации при экспериментальном определении углов естественного откоса.

Экспериментальная установка состоит из прибора для определения угла естественного откоса (рис. 1), цифровой видеокамеры и компьютера.

После образования конуса из зернистого материала растровый снимок конуса (рис. 2) с видеокамеры передается в специально разработанную программу. Для расчета угла естественного откоса на снимке необходимо логически отделить материал от фона. Для этого используется библиотека, в которой хранится информация о цветах материалов. Если материал исследуется впервые, то образец цвета добавляется в библиотеку.

Исходный снимок преобразуется в черно-белое изображение, где под черным понимается материал, а под белым – его отсутствие. Если материал светлого цвета, то фон был черный, а материал – белый. Дальнейшая работа происходит непосредственно с полученным черно-белым изображением (рис. 3).

Чтобы определить координаты открытой поверхности материала, использовали сканирование столбцов слева направо, а внутри столбца – сверху вниз (рис. 4). Как только цвет меняется, граница раздела считается определенной, координаты точки запоминаются. Сканирование текущего столбца заканчивается, и начинается сканирование следующего.

* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. В.Ф. Першина.



Рис. 2. Снимок конуса сыпучего материала



Рис. 3. Черно-белый снимок материала

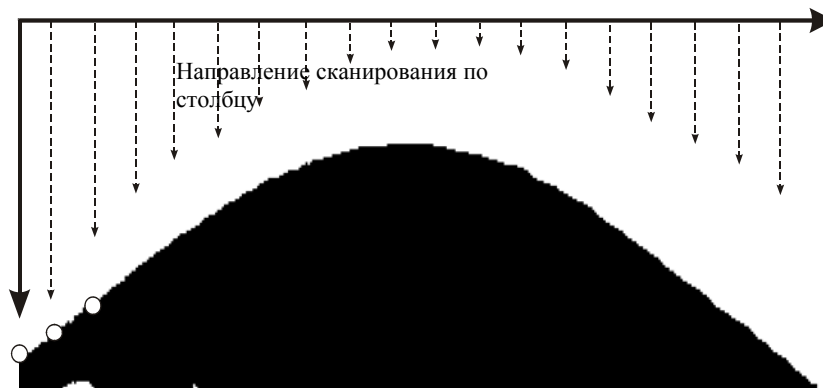


Рис. 4. Схема сканирования изображения

Надо отметить, что наличие бликов, затенений поверхности и других оптических дефектов не позволяет осуществлять сканирование в направлении от материала к фону. Поскольку фон одинаков и может быть шаблононо выявлен из снимка, то достаточно один раз снять фон, без материала, чтобы в последующих опытах его идентифицировать с максимальной точностью. Из полученного черно-белого изображения выделяются 3 области: подъем, вершина и спуск. Поскольку максимальная нестабильность углов естественного откоса наблюдалась в окрестностях вершины, эта область исключается из дальнейших расчетов. На областях подъема и спуска прямые, ограничивающие открытую поверхность материала, определяются с помощью методов аппроксимации. После усреднения коэффициентов на участках подъема и спуска уравнение прямой имеет вид

$$y = kx + b .$$

После получения уравнения прямой считается погрешность расчета. Угол естественного откоса рассчитывается по формуле

$$\alpha = \arctg(k) .$$

По полученным данным формируется отчет.

Предлагаемая методика позволяет свести к минимуму субъективные погрешности при экспериментальном определении углов естественного откоса зернистых материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство СССР № 1226000, М.кл. G 01 B 5/24, 1981, Бюл. № 15, 23.04.86.
2. Standard shear testing technique for particulate solids using the Jenike shear cell. THE INSTITUT OF CHEMICAL ENGINEER EUROPEAN FEDERATION OF CHEMICAL ENGINEERING – Published by the Institution of Chemical Engineers, George E. Davis Building, 165 – 171 Railway Terrace, Rugby, Warwickshire, CV21 3HQ, England, 1989. – 46 p.

Кафедра «Прикладная механика и сопротивление материалов»