

*А.А. Ковынев, А.И. Шершукова, С.В. Першина*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ\*

Механические процессы переработки зернистых материалов широко используются в различных отраслях промышленности.

При моделировании процессов переработки зернистых материалов используются различные механические характеристики этих материалов. В частности, при математическом описании движения зернистых материалов используют углы и коэффициенты внешнего и внутреннего трения, трения покоя и движения, углы естественного откоса и обрушения и т.д. Такое многообразие характеристик усложняет, а иногда делает практически невозможным, сравнение результатов, полученных разными исследователями. Разнообразие характеристик породило большое количество приборов и методик для определения этих характеристик. В основном, приборы мало механизированы и автоматизированы, в результате чего большое влияние на точность измерения характеристик оказывают субъективные факторы. Из литературных источников известно, что даже при использовании стандартных методик [1] отклонения в результатах, полученных разными исследователями, превышают 15 %.

Организация автоматизированного эксперимента позволит существенно снизить время на получение экспериментальных данных и влияние субъективных факторов на точность результатов.

Для автоматизации процесса получения информации нами выбран метод цифровой видеосъемки [2]. С помощью графического редактора Adobe Photoshop 6.0 мы обрабатываем полученные изображения и используем стандартный фильтр, позволяющий рельефно выделить очертания различных объектов на снимке.

На рис. 1 показана схема прибора для определения углов трения покоя и движения зернистых материалов [3]. Устройство состоит из основания 1, на котором установлен барабан 2 с приводом вращения. Внутри барабана установлена лопасть 3, сыпавший край которой совпадает с осью вращения барабана. На основании расположена также угловая шкала 4, а на барабане, подвижный флажок 5.

---

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

Определение углов трения выполняются в следующей последовательности. Анализируемый зернистый материал засыпается в барабан 2. Включают привод вращения барабана. После того, как барабан сделает

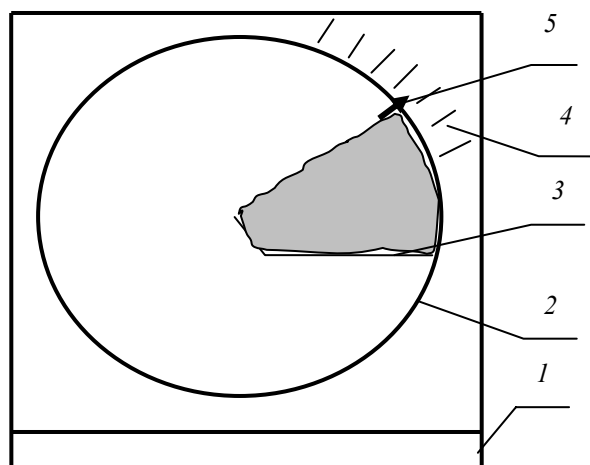


Рис. 1 Схема прибора для определения углов трения покоя и движения

2-3 оборота привод вращения выключают в тот момент, когда начинается стабильное ссыпание зернистого материала с лопасти. Останавливают барабан, и после того, как закончится ссыпание материала с лопасти, фиксируют угол наклона открытой поверхности материала к горизонту – угол трения движения ( $\alpha_d$ ). Помещают флажок в точку пересечения линии открытой поверхности с обечайкой барабана и повторно включают привод барабана. Привод выключают в тот момент, когда начинается ссыпание материала с лопасти. По положению флажка определяют угол наклона открытой поверхности материала к горизонту, при котором началось ссыпание материала. Это угол трения покоя ( $\alpha_n$ ).

При малой разнице в численных значениях углов трения движения и покоя (сухой речной песок, стеклянные шарики) определение угла трения покоя осуществляют другим способом. После определения угла трения движения  $\alpha_d$  начинают вращать барабан с угловой скоростью, соответствующей режиму периодических обрушений, и замеряют время  $\tau_5$ , за которое происходит пять обрушений материала с лопасти, после чего барабан останавливают. Угол трения покоя  $\alpha_n$  рассчитывают по следующей формуле

$$\alpha_n = \alpha_d + \tau\omega/5.$$

Результаты экспериментальных исследований показали, что отклонения численных значений углов от среднего значения для данной серии, в значительной степени, зависят от субъективных причин, т.е. зависят от исследователя. Нами были проведены аналогичные опыты, в которых положение материала фиксировали цифровой видеокамерой. Численные значения углов определяли по снимкам. Анализ полученных результатов показал, что средние квадратические отклонения уменьшились примерно в два раза.

Разработана программа, позволяющая сканировать снимки и определять угол наклона открытой поверхности к горизонту при начале ссыпания и завершении ссыпания зернистого материала с лопасти. Результаты предварительных экспериментов позволили выявить недостатки данной программы и наметить пути их устранения. Тем не менее, имеется реальная возможность создать методику и аппаратно-программное обеспечение, которые позволят экспериментально определять углы трения покоя и движения зернистых материалов, практически без участия исследователя, т.е. будет полностью исключен субъективный фактор, который влияет на точность определения механических характеристик зернистых материалов.

### Список литературы

- 1 Standard shear testing technique for particulate solids using the Jenike shear cell. The institut of chemicalengineer 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.
- 2 А.с. 1083086 СССР G 01 B5/24 Устройство для определения углов естественного откоса и обрушения сыпучих материалов / М.П. Макевнин, В.Л. Негров, В.Ф. Першин, М.М. Свиридов. Бюл. № 12, 1984.

3 Ковынев А.А. Методы получения и обработки данных при автоматизированном проектировании машин барабанного типа // Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. Вып. 15. С. 6 – 9.

**Кафедра "Прикладная механика и сопротивление материалов"**