

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ПЛОТНОСТИ

А.И. Ди Дженнаро, С.В. Першина, В.Ф. Першин

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, доцент Ю.Т. Селиванов

Ключевые слова и фразы: коэффициент трения; сдвиговая ячейка Дженике; сыпучий материал.

Аннотация: Рассмотрена методика определения коэффициента внутреннего трения сыпучих материалов при различных значениях насыпной плотности; приведены характерные результаты экспериментов.

При проектировании оборудования для хранения, транспортировки и переработки сыпучих материалов необходимо знать численные значения коэффициента внутреннего трения [1, 2]. В соответствии с Европейским стандартом [3] указанный коэффициент определяется на сдвиговой ячейке Дженике, схема которой показана на рис. 1.

В результате действия вертикальной нагрузки P в зернистом материале создают определенные нормальные напряжения. Посредством привода δ на секцию 2 передают сдвигающее усилие, величину которого фиксируют динамометром b . В результате действия горизонтальной нагрузки G в зернистом материале возникают касательные напряжения. Величину усилия G увеличивают до тех пор, пока секция 2 не сдвинется относительно секции 3. Коэффициент внутреннего трения рассчитывают, исходя из соотношений вертикальной и горизонтальной нагрузок.

Анализ результатов проведенных нами экспериментов показал, что в указанном стандарте не учитывается насыпная плотность материала, при которой определяется коэффициент трения.

Для определения влияния насыпной плотности на численные значения коэффициентов трения в эту методику нами внесены некоторые изменения. В частности, три секции устанавливались на вибростол, и после загрузки сыпучего материала в секции материал подвергался виброобработке в течение определенного промежутка времени (2, 4, 6, 8 или 10 с),

Ди Дженнаро Анастасия Игоревна – ассистент кафедры «Прикладная механика и сопротивление материалов»; Першина Снежана Владимировна – доцент кафедры «Прикладная механика и сопротивление материалов»; Першин Владимир Федорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная механика и сопротивление материалов», e-mail: pershinhome@mail.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

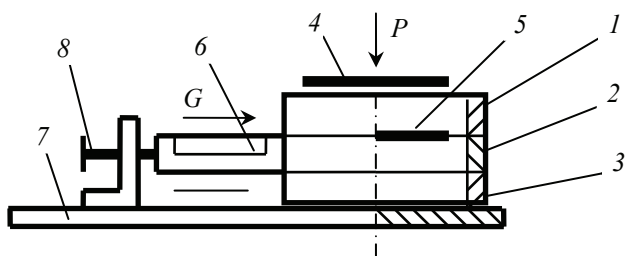


Рис. 1. Схема прибора для определения коэффициентов трения:
 1 – верхняя секция; 2 – сдвижная секция; 3 – неподвижная секция;
 4 – прижимная плита; 5 – опорная плита; 6 – измерительное устройство; 7 – рама; 8 – винтовой привод

с фиксированными значениями амплитуды и частоты колебаний. После сдвига верхней секции 1, установки плиты 5 с грузом и определения сдвигающего усилия материал, находящийся в секциях 2, 3, взвешивался, что позволяло в дальнейшем рассчитывать значение насыпной плотности, при котором определялся коэффициент трения. Кроме этого, при расчетах нормальных напряжений в зоне сдвига учитывалась не только нормальная нагрузка, но и вес материала, находящегося выше плоскости сдвига. Коэффициенты трения были определены для следующих материалов: наноматериалы «Таунит» и «Таунит-М», речной песок, мел, гипс, цемент, стиральный порошок, сода, йодированная соль, соль «Экстра», сахар, полиэтиленовые гранулы.

Результаты проведенных экспериментов показали, что насыпная плотность практически не влияет на численные значения коэффициентов внешнего трения. Характерные зависимости касательных напряжений, возникающих в зоне сдвига от нормальных напряжений, представлены на рис. 2, а зависимость коэффициента внутреннего трения от насыпной плотности при разных значениях нормальных напряжений – на рис. 3.

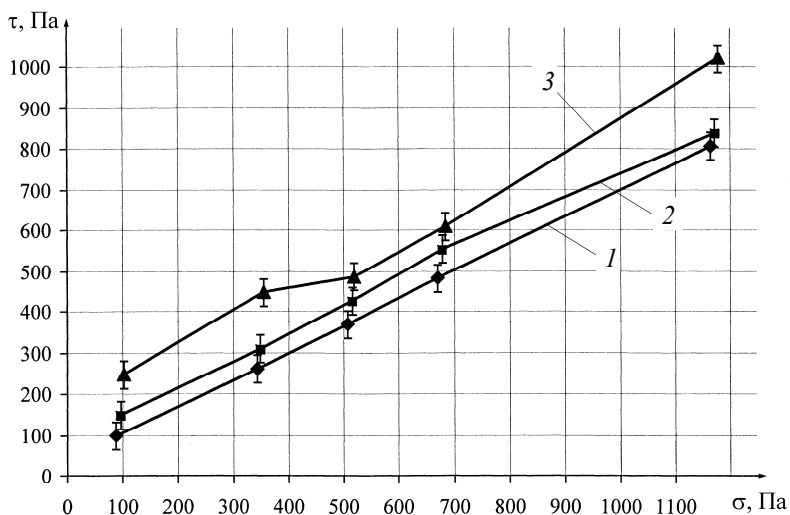


Рис. 2. Зависимость касательных напряжений τ от нормальных напряжений σ для углеродного наноматериала «Таунит»:
 1 – без виброобработки; 2 – виброобработка в течение 6 с;
 3 – виброобработка в течение 10 с

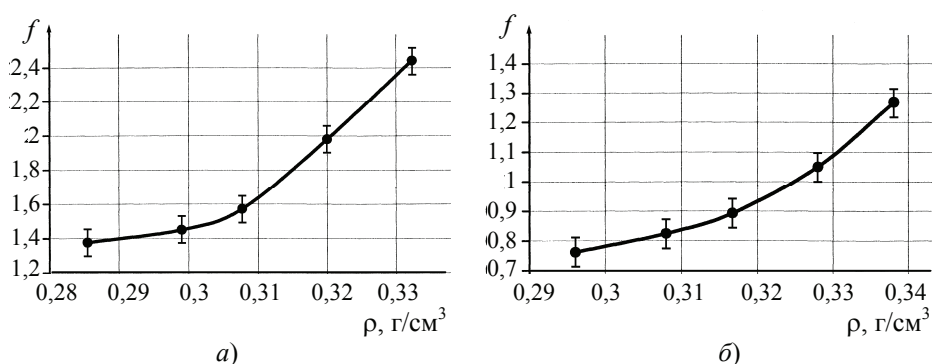


Рис. 3. Зависимость коэффициента внутреннего трения f от насыпной плотности ρ при разных значениях нормальных напряжений
a – без нагрузки; *б* – с нагрузкой $P = 1,57$ Н

Основной результат данной работы можно сформулировать следующим образом: экспериментально установлено, что относительное изменение насыпной плотности на порядок сильнее влияет на коэффициент внутреннего трения, чем аналогичное изменение нормальных напряжений. В частности, при увеличении насыпной плотности на 15 % коэффициент внутреннего трения увеличивается примерно на 67 %, а при увеличении нормального напряжения в зоне сдвига на 15 % увеличивается коэффициент трения не более, чем на 2–3 %.

Список литературы

1. Катальмов, А.В. Дозирование сыпучих и вязких материалов / А.В. Катальмов, В.А. Любартович. – Л. : Химия, 1990. – 240 с.
2. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
3. 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.

Determination of Inner Friction Coefficient in Bulk Materials with Different Density Parameters

A.I. Dee Jennaro, S.V. Pershina, V.F. Pershin

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: bulk solids; coefficient of friction; Jenike shear cell.

Abstract: The methods of inner friction coefficient determination in bulk materials with different density parameters are offered and original experiment results are supplied.

© А.И. Ди Дженнaro, С.В. Першина, В.Ф. Першин, 2011