

**Список литературы**

1. Ревяко С.И., Лазарев А.А. Язык программирования «C++» как средство повышения эксплуатационных свойств сельскохозяйственных машин [Текст] / - Материалы 5 международной научно-

практическая конференция «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» 29 февраля – 1 марта 2012 г., г. Ростов-на-Дону в рамках 15 международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2012», г. Ростов-на-Дону.

**Секция «Производство и переработка сыпучих материалов»,  
научный руководитель – Першин В.Ф.**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПРОЦЕССА ТРЕХСТАДИЙНОГО СМЕШИВАНИЯ  
СЫПУЧИХ СРЕД 1:10 ВРАЗРЕЖЕННЫХ ПОТОКАХ**

Верлока И.И., Капранова А.Б.

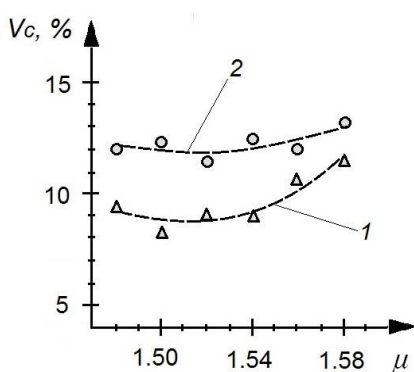
ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный  
технический университет»

Ярославль, Россия, e-mail: [compvii@rambler.ru](mailto:compvii@rambler.ru)

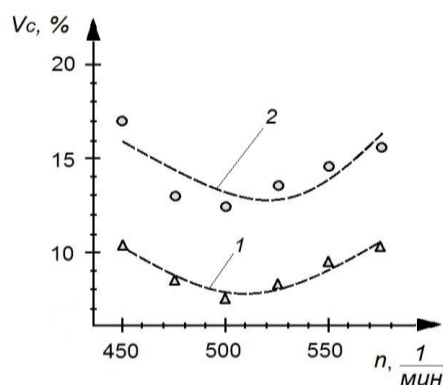
Как известно, интенсификация технологической операции смешивания сыпучих материалов на протяжении уже нескольких десятков лет остается актуальной [1, 2]. В частности, проблема эффективного получения сыпучих смесей из увлажненных компонентов (или склонных к слипанию и агломерированию) с соотношением 1:10 и более может быть успешно решена с помощью организации процесса смешивания соответствующих материалов в разреженных потоках, например, на подвижной ленте [3]. Применяется предложенный трехстадийный способ смешивания зернистых сред 1:10 на подвижной ленте [4], при котором загрузка компонентов «1» и «2» осуществляется первоначально в соотношении 1:1,75. На втором этапе – добавляется порция сыпучего материала «2» (с большим содержанием в готовом продукте) с объемной долей, равной суммарной для 1-го этапа (при равном соотношении 2,75:2,75 уже смешанных материалов «1» - «2» и новой порции «2»). Третий этап выполняется по тому же принципу, что и 2-ой, когда загрузка после дней порции компонента «2» соответствует 5,5:5,5 по отношению к промежуточной смеси, полученной после 2-го этапа. Второй отличительной особенностью аппарата [4] является конструкция сме-

сительных барабанов в каждом из трех узлов устройства, заключающаяся в винтовой навивке эластичных элементов (бил) на цилиндрических поверхностях указанных барабанов. Образование разреженных потоков смешиваемых зернистых компонентов, подаваемых в валково-ленточный зазор движущейся горизонтальной лентой, происходит в результате отрыва твердых частиц, которые захвачены деформированными билами из слоев, от концов этих гибких элементов.

При отборе проб стандартным методом [1] и использовании компьютерной их обработки по «оттенкам серого» [5] выполнена оценка коэффициента неоднородности [1] в зависимости от степени увлажненности зернистой смеси, частоты вращения смесительного барабана и деформационного комплексного параметра  $\mu$  в виде отношения длины бил к высоте валково-ленточного зазора  $1,6 \cdot 10^{-2}$  м. Расход компонента «2» -  $(4,0-8,0) \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/ч. В качестве смешиваемых компонентов выбраны: «1» - манная крупа ГОСТ7022-97 и «2» - природный песок ГОСТ8736-93. Степень увлажнения каждого материала  $w_1, w_2$  оценивалась как отношение масс их частиц - увлажненных и сухих. Получено, что для зернистых сред коэффициент неоднородности смеси при частоте вращения барабана  $n=500$  мин<sup>-1</sup> и  $\mu=1,5$  составил 8,0% для сухих составляющих (рис. 1 а и 1 б; кривые 1), а для влажных – 12% (рис. 1 а и 1 б; кривые 2), что соответствует улучшению данного показателя в 1,20 раза в первом случае и в 1,33 раза – во втором по сравнению с применением смешивания тех же компонентов в равных порциях для десяти стадий перемешивания.



а



б

Рис. 1. Влияние частоты вращения барабана на качество зернистой смеси: точки – опыт, кривые – квадратичные регрессии; 1 -  $w_1, w_2 = 1$ ; 2 -  $w_1 = 1,142$  и  $w_2 = 1,074$

Итак, проведенные экспериментальные исследования процесса трехстадийного смешивания сыпучих сред с соотношением 1:10 в разреженных потоках показали эффективность данного способа переработки зернистых сред, а также возможность сокращения диапазонов изменения параметров аппарата с подвижной лентой (режимного  $n$  и комплексно-

го конструктивно-режимного  $\mu$ ) вблизи их экстремальных значений  $n=500$  мин<sup>-1</sup> и  $\mu=1,5$ .

**Список литературы**

1. Макаров Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.  
2. Селиванов Ю.Т. Расчет и проектирование циркуляционных смесителей сыпучих материалов без внутренних перемешивающих устройств / Ю.Т. Селиванов, В.Ф. Першин. М.: Машиностроение-1, 2004. 120 с.

3. Бакин М.Н. Исследование распределения сыпучих компонентов в рабочем объеме барабанно-ленточного смесителя / М.Н. Бакин, А.Б. Капранова, И.И. Верлока // *Фундаментальные исследования*. № 5 (часть 5), 2014. С. 928-933. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10003288](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10003288)

4. Пат.2506208 Российская Федерация, МПКВ65В1/36. Агрегат для смешения сыпучих материалов / А.И. Зайцев, А.Е. Лебедев, М.Н. Бакин, А.А. Петров, А.Н. Волков. Опубл. 10.02.2014.

5. mixan, 2011. URL:<http://pa2311.blogspot.com/p/mixan.html>

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Галдобин А.А., Кириллов А.А., Першина С.В.

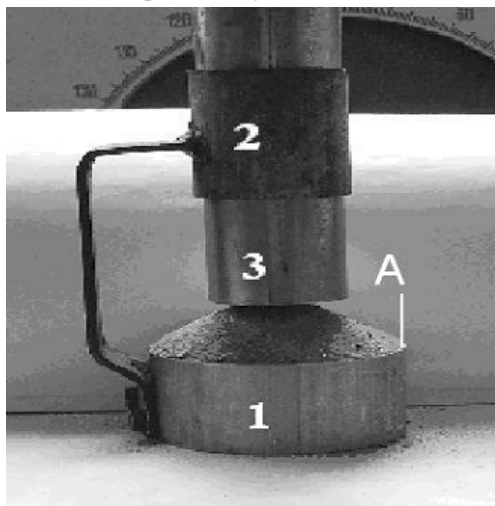
ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет, Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Советская 10/6, e-mail.ru: [galdobin.aleksey@mail.ru](mailto:galdobin.aleksey@mail.ru)

#### Введение

Угол естественного откоса широко используется при проектировании оборудования для хранения, транспортирования и переработки сыпучих материалов. Численные значения угла зависят от аутогезия, внутреннего трения и плотности упаковки частиц [1, 2].

Целью данного исследования является экспериментальное определение углов естественного откоса углеродных наноматериалов, которые производятся в промышленных масштабах на ОАО «ЗАВКОМ».

Методика определения углов естественного откоса



Общий вид установки

Известны разные конструкции устройств для определения углов естественного откоса [3, 4, 5]. В данной работе углы определялись на установке [6], которая представлена на рис. 1. Установка состоит из основания 1, направляющей 2 и цилиндра 3, на поверхности которого имеется шкала. Процедура определения угла естественного откоса заключалась в следующем: цилиндр в направляющей устанавливали на основании; в цилиндр засыпали исследуемый материал; цилиндр поднимали вверх и материал из трубы высыпался на основание, образуя конус из зернистого материала; затем цилиндр 3 опускали вниз до момента касания с зернистым материалом; по шкале определяли высоту усеченного конуса  $H$ , при известных значениях диаметра нижнего основания  $D$  и верхнего –  $d$  рассчитывали угол естественного откоса  $\alpha_{\text{ест}}$ :

$$\alpha_{\text{ест}} = 2H/(D-d).$$

С каждым материалом проводили по три серии, т.е. каждый из соавторов проводил одну серию измерений. В каждой серии проводили по 10 опытов и полученные результаты обрабатывали по стандартным методикам.

Углы естественного откоса определяли для следующих углеродных наноматериалов:

«Таунит»; «Таунит – М»; «Таунит – МД». Результаты экспериментов приведены в таблице.

#### Значения углов естественного откоса

Материал	«Таунит»	«Таунит – М»	«Таунит – МД»
Угол естественного откоса, град	37,2±2	51,8±2	47,5±2

Как видно из табл. отклонения углов от средних значений, на наш взгляд, существенны. По всей видимости это можно объяснить неодинаковыми значениями насыпной плотности в разных опытах. Из этого можно сделать вывод о том, что методика определения углов и, вполне возможно, устройство нуждаются в доработке и строгой регламентации процесса подготовки материала к процедуре определения угла естественного откоса.

Работа выполнена в рамках государственной поддержки проектов по созданию высокотехнологичного производства, Постановление Правительства РФ шт 9 апреля 2010г. № 218 (Договор № 02.П25.31.0123 от 14 августа 2014 года)

#### Список литературы

- Першин В.Ф. Расчет относительной плотности и координационного числа полидисперсного материала. Плоская задача / Порошковая металлургия. - 1990. №3. - С.9-14.
- Першин В.Ф. Расчет относительной плотности и координационного числа полидисперсного материала. Пространственная задача / Порошковая металлургия. - 1990. № 5. - С.14-18.
- Першина С.В. К вопросу промышленного использования углеродных наноматериалов / С.В. Першина, А.Г. Ткачев, А.И. Шершукова, В.Ф. Першин // Приборы. Издатель: ООО «Международное НТО приборостроителей и метрологов», 2007. № 10. – С57-60.
- А.с. 1226000 СССР, МКИ<sup>3</sup> G 01B 3/56. Устройство для определения углов естественного откоса сыпучих материалов / В.Ф. Першин, Е.А. Мандрыка, А.Н. Цетович (СССР), 1986. Бюл. № 15.
- А.с. 1472757 СССР МКИ<sup>3</sup> G 01 В 11/26. Способ определения угла естественного откоса сыпучего материала / Н.М. Казанский, А.Д. Ишков, В.Ф. Першин, А.Н. Цетович, Е.А. Мандрыка (СССР), 1989, Бюл. № 14.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ.

Григорьева Е.Н., Арестова А.А., Селиванов Ю.Т.

Тамбовский Государственный Технический Университет, Тамбов, Россия, e-mail: [kat7337@mail.ru](mailto:kat7337@mail.ru)

Для получения высококачественных смесей с малым содержанием ключевых компонентов разработан целый ряд конструкций смесителей. Ключевыми являются более тяжелые и/или более плотные смешиваемые компоненты. Наиболее перспективным, на наш взгляд, является циркуляционный смеситель непрерывного действия с упорядоченной загрузкой компонентов [1]. Проведение смешивания с использованием этой конструкции позволяет, но не гарантирует получение положительного результата без обеспечения определенных режимов работы.

Математическая модель [2, 3] для случая приготовления трехкомпонентной смеси, позволяет, в результате целенаправленной корректировки характера организации загрузки наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента, рассчитать время начала загрузки его в смеситель, что приводит к совпадению во времени оптимального распределения по объему смеси обоих ключевых компонентов. Вместе с этим, если длительность проведения процесса, совпадающая со временем загрузки в смеситель менее склонного к сегрегации ключевого компонента, рассчитана по математической модели правильно, качество готовой смеси повысится.