

РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В КАМЕРЕ СМЕШИВАНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ

Бойко И.Г., профессор; Русалев А.М., доцент,

Славкова Л.Г., аспирант

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенка)

В статье рассматривается задача определения плотности сыпучего материала в камере гравитационного смесителя в зависимости от геометрических параметров камеры и насыпной плотности сыпучего материала.

Постановка проблемы. Выполненными ранее исследованиями [1] и предложенными новыми способом смешивания [2] и конструкцией смесителя [3] установлено, что интенсифицировать процесс смешивания возможно за счет придания смешиваемым компонентам разреженного состояния. Придание смешиваемым компонентам разреженного состояния ведет к увеличению их межфазового контакта и содействует их взаимопроникновению. При проектировании, разработке и изготовлении подобных смесителей возникает необходимость в определении плотности потока сыпучего материала в камере смешивания смесителя, которая в значительной степени влияет на качество смеси конечного продукта.

Анализ последних исследований и публикаций. Процесс смешивания сыпучих материалов является сложным механическим процессом, механизм действия которого зависит главным образом от способа смешивания и конструкции смесителя, что вызывает дополнительные трудности в математическом истолковании этого явления. Под смешиванием принято понимать такой механический процесс, в результате которого первоначально находящиеся раздельно компоненты после равномерного перераспределения каждого из них в смешиваемом объеме образуют однородную смесь.

Существенный вклад в развитие теории и практики смешивания сыпучих материалов внесли: Ю.И. Макаров [4], Ф. Стренк [5], Б.В. Кононов [6], Д.В. Савкевич [7], Д.А. Домашенко [8] и другие.

Для получения разреженного состояния сыпучего материала и его дозирования нами предложена конструкция решетчатого дозатора, в котором разрежение материала происходит [34] за счет его просыпания через отверстия решета, которое колеблется в горизонтальной плоскости.

Цель работы. Целью исследования является теоретическое определение плотности разреженного сыпучего материала в камере смешивания в зависимости от его продвижения по высоте камеры смешивания.

Результаты исследований. Камера смешивания смесителя имеет цилиндрическую форму диаметром D и высотой H (рисунок 1). Сыпучий

материал после дозирующего устройства поступает в смесительную камеру распределенным равномерным потоком в виде полого цилиндра. Производительность объемного дозирующего устройства – q .

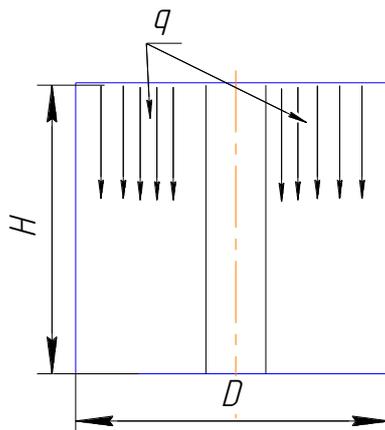


Рисунок 1 - Схема приемной камеры

Время движения частицы от верхней границы камеры смешивания до нижней может быть определено (без учета сопротивления воздуха) по формуле:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}}, \text{ с} \quad (1)$$

где H – высота приемной камеры, м.

Количество сыпучего материала, прошедшего через дозирующее устройство за это время, будет равно

$$Q = q \cdot t, \text{ м}^3, \quad (2)$$

где q – производительность дозирующего устройства объемного типа, м³/с.

Тогда средняя плотность сыпучего материала, находящегося в камере смешивания рассчитывается по формуле:

$$\rho_{cp} = \frac{Q \cdot \rho_m}{V}, \text{ кг/м}^3 \quad (3)$$

где ρ_m - насыпная плотность дозируемого материала, кг/м³;

V – объем приемной камеры смесителя, м³.

Подставив уравнения 1 и 2 в уравнение 3 и преобразовав его, получаем значение средней плотности сыпучего материала, находящегося в камере смешивания

$$\rho_{cp} = \frac{4 \cdot q \cdot \rho_m}{\pi \cdot D^2} \cdot \sqrt{\frac{2}{g \cdot H}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4)$$

Из уравнения видно, что при увеличении параметра H камеры смешивания при одинаковой производительности дозирующего устройства и на аналогичном дозируемом материале средняя плотность сыпучего материала,

находящегося в камере, уменьшается, что способствует качественному смешиванию с другими сыпучими материалами. Для расчетов примем следующие параметры:

- диаметр камеры смешивания $D = 0,3$ м;
- насыпная плотность сыпучего материала $\rho_m = 780$ кг/м³;
- производительности дозирующего устройства $q = 0,003$ м³/с, что составляет 8,424 т/ч;
- высота приемной камеры H 0,001 ... 0,2 м.

Применяя программное обеспечение Excel, построены графики зависимость плотности сыпучего от высоты ее расположения в камере смешивания.

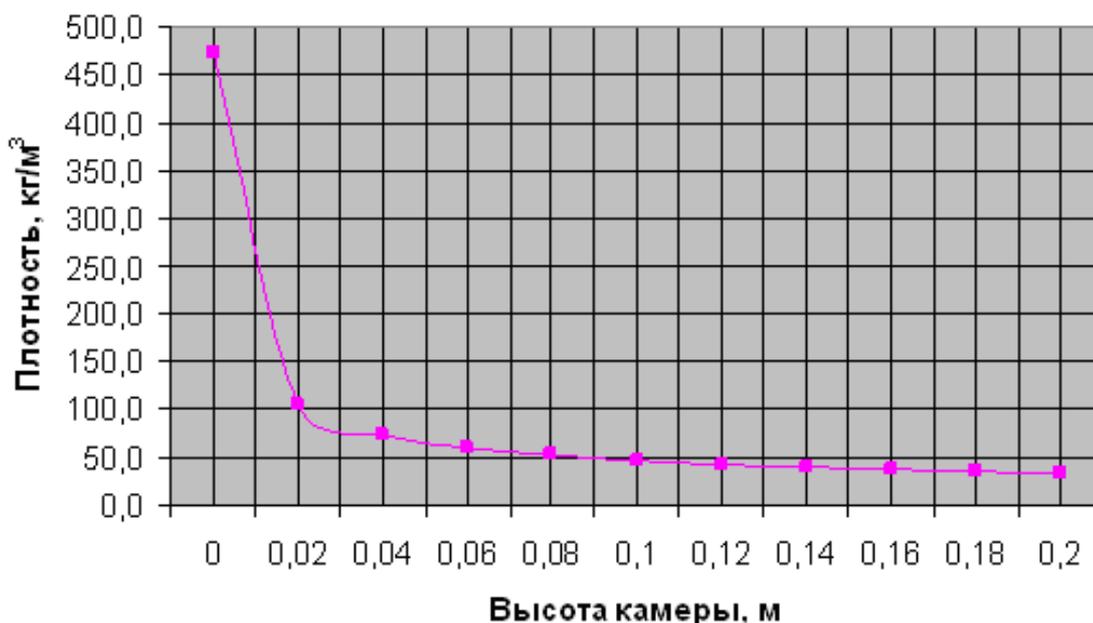


Рисунок 2 - График зависимости средней плотности сыпучего материала в камере смешивания от её геометрических параметров

Для определения мгновенной плотности сыпучего материала по плоскости сечения на определенной высоте камеры смешивания необходимо уравнение 4 преобразовать и продифференцировать по t . Тогда получаем:

$$\rho_{мгн} = \rho'_{cp} = -\frac{8 \cdot q \cdot \rho_m}{\pi \cdot g \cdot D^2 \cdot t^2}, \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

Как видно, с момента начала движения материала в приемной камере создается отрицательная плотность, т.е. разрежение потока дозируемого сыпучего материала. Это создает эффект «всасывания» частиц другого сыпучего материала и равномерного его распределения по объему. И чем дальше рассматриваемая плоскость будет находиться от начала камеры смешивания, тем плотность потока будет меньше. Однако размеры камеры смешивания ограничены по конструктивным параметрам. График изменения мгновенной плотности разреженного потока сыпучего материала по высоте представлен на рисунке 3.

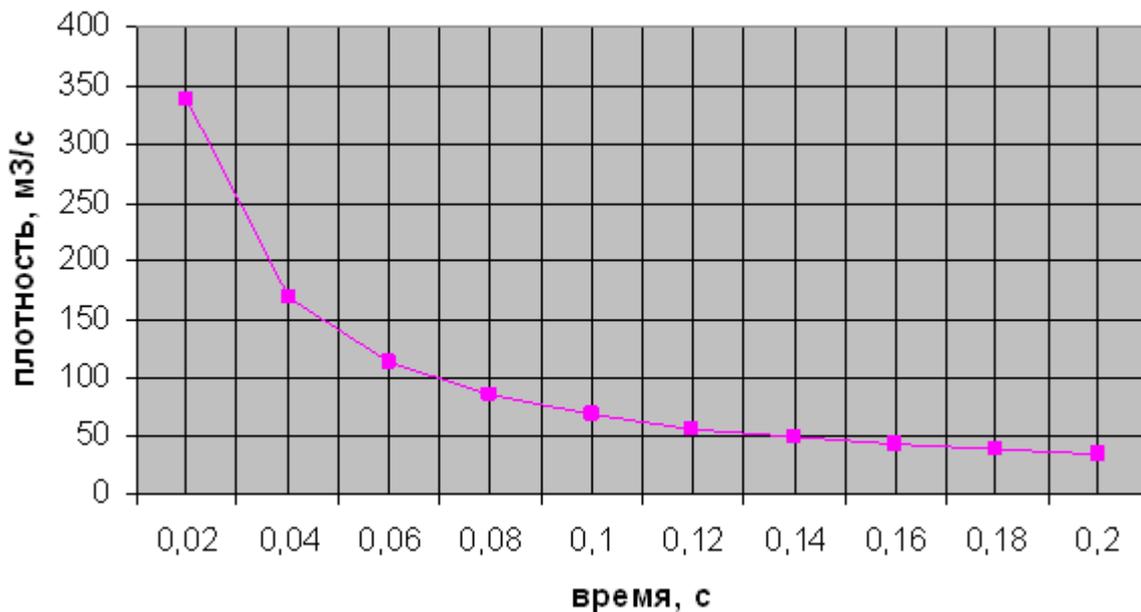


Рисунок 3 - График зависимости мгновенной плотности разреженного потока сыпучего материала от времени падения сыпучего материала

Расчеты проводились с помощью программного обеспечения Excel для комбикорма с насыпной плотностью $\rho_m = 780 \text{ кг/м}^3$ и производительностью дозирующего устройства $q = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}$.

Выводы: В результате решения теоретической задачи получены математические зависимости для определения средней и мгновенной плотности разреженного сыпучего в камере смешивания гравитационного смесителя. Построены графические зависимости средней плотности сыпучего материала в камере смешивания от её геометрических параметров и мгновенной плотности от времени падения сыпучего материала.

Литература

1. Семенцов, В.І. Обґрунтування параметрів процесу збагачення комбикормів біологічно активними кормовими домішками відцентровим змішувачем [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Семенцов Володимир Ілліч; Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. - Харків, 2008. - 21 с.
2. Пат. 62581 UA, МПК А21С 1/00, В01F 13/08 Спосіб змішування сипучих матеріалів з малими кількостями рідини [Текст] / Славкова Л.Г., Науменко О.А., Бойко І.Г.; заявник Славкова Л.Г. - №u201013146; заявл. 05.11.2010; опубл.12.09.2011, Бюл. №17.
3. Пат. 64665 UA, МПК В01F 7/26, А23N 17/00 Відцентровий змішувач сипучих компонентів [Текст] / Бойко І.Г., Семенцов В.І.; заявник Бойко І.Г. – № 20031211042; заявл. 05.12.2003; опубл. 15.02.2007, Бюл. №2.
4. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешивания сыпучих материалов [Текст] / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 215 с.
5. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками [Текст] / Ф.

Стренк. - Л.: Химия, 1975. – 384 с.

6. Кононов, Б.А., Шпагин Н.Г. Классификация и анализ смесителей кормов [Текст] / Б.А. Кононов, Н.Г. Шпагин // Сб. научных трудов Саратовского института механизации сельского хозяйства. – Саратов, 1978. – Вып. 123. – С. 26-34.

7. Савкевич, Д.В. Классификация смесителей для твердых сыпучих порошкообразных материалов [Текст] / Д.В. Савкевич // Химическая промышленность. – 1953.- №10. – С. 33-34.

8. Домашенко, Д.А. Типы смесителей для смешивания сухих сыпучих компонентов [Текст] / Д.А. Домашенко // Сб. Исследование по механизации и электрификации сельского хозяйства. – Киев: Урожай, 1968. – С. 199-204.

Анотація

Розрахунок щільності сипучого матеріалу в камері змішування гравітаційних змішувачах

Бойко І.Г., Русальов О.М., Славкова Л.Г.

У статті розглядається задача визначення щільності сипучого матеріалу в камері гравітаційного змішувача у залежності від геометричних параметрів камери і насипної щільності сипучого матеріалу.

Abstract

Calculate the density of loose material in the mixing chamber gravity mixers

I. Bojko, A. Rusaljov, L. Slavkova

The article deals with the problem of determining the density of the bulk material in the chamber fall mixer depending on the geometric parameters of the camera, and a bulk density of the bulk material.