

Юдин К. А., канд. техн. наук, доц.

Богданов Д. В., канд. техн. наук

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ДВУНАПРАВЛЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА МАТЕРИАЛ В СМЕСИТЕЛЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

kyudin@mail.ru

Рассмотрены особенности работы смесителей периодического действия. Представлена целесообразность разработки таких смесителей. Выполнен литературный обзор отечественных и зарубежных авторов по данной тематике. Показаны авторская кинематическая схема и вариант лабораторной установки смесителя, описывающие воздействие на перемешиваемый материал относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей. Вращение смесительной камеры осуществляется посредством зубчатых (конических и цилиндрических) передач. Возникающее сложное пространственное движение частиц материала можно регулировать частотным преобразователем и подбором соответствующих зубчатых колес. Возможен расчет энергетической составляющей для описанного типа устройств. Проведены предварительные экспериментальные исследования. Был выбран центральный композиционный ортогональный план дробного факторного эксперимента. Представлены входные факторы для проведения экспериментальных исследований с лабораторной установкой – смесителем периодического типа с элементами гироскопического эффекта. На начальной стадии ограничились четырьмя входными параметрами. Сделаны выводы по экспериментам.

Ключевые слова: смеситель, двунаправленное воздействие на смешиваемый материал, гироскоп, вращение вокруг двух взаимно горизонтальных осей, траектории движения материала внутри смесительной камеры, зубчатые передачи.

Введение. Отраслевое оборудование промышленности строительных материалов и смежных отраслей специфично и весьма энергозатратно, что приводит к необходимости эксплуатации оборудования с учетом инновационных подходов к способам переработки материалов. Эффективное перемешивание различных материалов – это проблемное направление при переработке материалов. [1,2,3].

Анализ действующего смесительного оборудования для малотоннажных производств показал потребность в инновационных решениях.

Одним из таких инновационных подходов является использование двунаправленного воздействия на смешиваемый материал в смесителях периодического типа, что предполагает повышение эффективности работы последних [4,5].

Основная часть. Интересным дополнением к имеющейся классификации смесительных машин периодического действия являются смесители с использованием элементов гироскопического эффекта. Это предполагает вращение смесительной камеры относительно двух взаимно перпендикулярных горизонтальных осей.

Создаваемое устройством в двух взаимно перпендикулярных направлениях воздействие на частицы смешиваемого материала приводит к их разрушению и перемешиванию. Под воздействием центробежных сил материал перемещается по сложной траектории, определяемой зуб-

чатыми передачами и переменной частотой вращения привода.

В общем случае, движение частиц материала происходит по траекториям свободного падения [6].

После отрыва частиц от камеры свободное движение частиц происходит только под действием веса и описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} x = x_1 + V_{x_1} t; \\ y = y_1 + V_{y_1} t; \\ z = z_1 + V_{z_1} t - gt^2/2; \\ V_x = V_{x_1}; \\ V_y = V_{y_1}; \\ V_z = V_{z_1}, \end{cases} \quad (1)$$

где $x_1; y_1; z_1; V_{x_1}; V_{y_1}; V_{z_1}$ - координаты и скорости движения частицы материала вдоль соответствующих осей в момент отрыва. При использовании второго, перпендикулярного воздействия на частицы материала наблюдается суперпозиция сил и скоростей.

Использование устройства с двумя степенями свободы аналогично воздействиям, применяемым в гироскопах [7,8,9].

На основе проведенного литературного обзора предлагается устройство для перемешива-

Тогда число зубьев шестерни и колеса цилиндрической зубчатой передачи, например, z_1 и z_2 определяется из выражений (при фиксированной величине межосевого расстояния A):

$$z_2 = U^* \cdot z_1; \quad (3)$$

$$A = \frac{m}{2} (z_1 + z_2) = \frac{m}{2} (z_1 + U^* \cdot z_1) = \frac{m \cdot z_1}{2} (1 + U^*), \quad (4)$$

где A – межосевое расстояние, мм, m – значение модуля передачи, мм.

Вариант лабораторной установки по перемешиванию материалов представлен на рисунке

2. Представленный вариант не включает электродвигатель с частотным преобразователем и устройство приема готовой смеси.

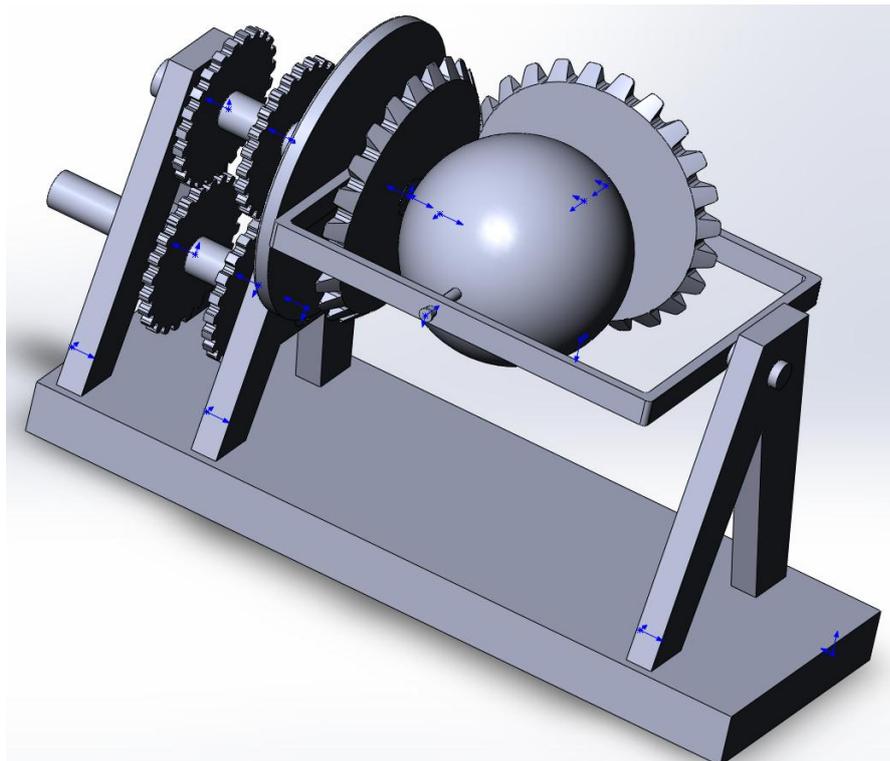


Рис. 2. Лабораторная установка по перемешиванию материалов

Цикл перемешивания частиц материала продолжается до получения заданного качества перемешивания смеси на основании заранее проведенных экспериментов.

Для данного устройства были проведены экспериментальные исследования [11]. Выводы о возможности использования таких смесителей, степени влияния на соответствие результатов экспериментальных исследований и результатов промышленных испытаний могут быть сделаны в результате сравнения рассчитанных с помощью разрабатываемой методики параметров процессов смешивания. Эксперименты проводились по центральному композиционному ортогональному плану дробного факторного эксперимента. План проведения таких экспериментов предполагал изменение: φ - коэффициента загрузки смесительной камеры; n - частоты вращения, c^{-1} ; ρ - крупность частиц загружаемого материала, m ; t - время перемешивания загружаемой смеси, c ;

Определение оптимальных конструктивно-технологических параметров смесителей осуществляется например, последовательным симплекс-методом с использованием математической модели многофазного цикла движения смеси.

Заключение.

Применение описанных устройств приемлемо лишь для малотоннажного производства.

Цикл перемешивания частиц материала может варьироваться как для разных материалов, так и для получения заданного качества перемешивания смеси на основании заранее проведенных экспериментов. Это позволит варьировать экономическую целесообразность предлагаемого устройства для перемешивания материалов.

Выводы

1. Анализ работы существующего смесительного оборудования и теорий процесса смешивания показал необходимость разработки ме-

тодики определения оптимальных параметров взаимодействий смесей с конкретными физико-механическими характеристиками и заданным качеством перемешивания смеси.

2. Разработана методика экспериментальных исследований по смешиванию в устройствах, реализующих двунаправленное воздействие на материал.

3. Созданы экспериментальные установки и проведено необходимое количество экспериментов по центральному композиционному ортогональному плану.

4. Полученная информация необходима для определения оптимальных конструктивно-технологических параметров смесителей периодического действия.

5. На конструкции устройств для перемешивания материалов, разработанных с учетом предложенной методики, получены авторские свидетельства на полезную модель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов В.С., Шарапов Р.Р., Фадин Ю.М., Семикопенко И.А., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2013. 680 с.
2. Бауман В.А. и др. «Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций». М., «Машиностроение», 1981. – 324 с.
3. S. P. Deolalkar, 2009. Handbook for designing cement plants. CRC Press, pp: 1220.
4. United States Patent 4326428, Two degree of freedom rate gyroscope, dateviews 27.04.1982 <http://www.freepatentsonline.com/4326428.html>
5. Юдин К.А., Фадин Ю.М. Устройство для реализации взаимно перпендикулярного воздействия на измельчаемый материал при перемешивании и измельчении/Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сб. ст./под ред. В.С. Богданова. - Белгород, 2011. Выпуск X. –С. 361-363.
6. Богданов В.С. Ильин А.С., Семикопенко И.А. Процессы в производстве строительных материалов и изделий: учебник. – Белгород: Везелица, 2007. 512 с.
7. Каримов И. Теоретическая механика/Электронный учебный курс <http://www.teoretmeh.ru/>
8. John J. Uicker, Gordon R. Pennock, Joseph E. Shigley, 2009, **Theory of Machines and Mechanisms**. Oxford University Press, pp: 590
9. J. Hannah, R.C. Stephens, 2004. Mechanics of machines 4th/Ed. Arnold International Student Editions, pp: 312.
10. Патент РФ №2013112706/05, 21.03.2013. Богданов В.С., Юдин К.А., Савкин И.Н. Устройство для перемешивания материалов // Патент России №135536.2013. Бюл. №35.
11. Трусков П.В. Введение в математическое моделирование: учебное пособие. М.: Логос, 2005. 439 с.