

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation
European Researcher
Has been issued since 2010.
ISSN 2219-8229
E-ISSN 2224-0136
Vol. 74, No. 5-1, pp. 824-830, 2014

DOI: 10.13187/issn.2219-8229
www.erjournal.ru



UDC 512.312

Mathematic Model of Technical Process of Heavy Mixtures Classifying on the Basis of Dispersion of Particles Flight Path

¹Normahmad Ravshanov

²Bozorboy Palvanov

³Gulnora Shermatova

¹ The Centre on development of the programmer products and hardware programmer complex under TUIT, Uzbekistan

100125, Tashkent, Durmon yuli Str., 25

Doctor of Technical Sciences

E-mail: ravshanzade-09@mail.ru

² Urgench State University, Uzbekistan

220100 Urganch, str. H.Olimjon 14

E-mail: bozorboy@yandex.ru

³ Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

100070 Tashkent st. Yusuf Xos Xojib 103

E-mail: gulisher21@rambler.ru

Abstract. The article presents mathematic model and results of computer calculations of heavy mixtures classifying and farm crops full seeds selection. They enable to determine major process parameters and variation range, providing maximum dispersion of particles flight path, depending on feedstock modules.

Keywords: mathematic model; computing experiment; numerical algorithm; technical process; free running mixtures.

Введение. Сепарирование трудноразделяемых сыпучих смесей через ситовую поверхность без учета их предварительной очистки от крупных примесей методом поддува не выгодно тем, что отверстия сепаратора часто забиваются, и уменьшается эффективность его работы.

Вопросам сепарирования сыпучей смеси с помощью потока воздуха посвящен ряд исследовательских работ. В работе [1], обобщая методику определения критических скоростей падающих частиц смесей в сопротивляющейся среде для определения скорости восходящего воздушного потока, автор предложил зависимость, необходимую для разделения смеси, на составляющие, которые отличаются своими массами, размерами и физико-механическими свойствами.

Трудности, возникшие при составлении математической модели (ММ) движения частиц сыпучей смеси в области действия воздушного потока, привели к необходимости упрощения этой задачи. Одним из таких путей является исследование движения изолированной частицы в потоке. При этом допущении не всегда возможно получить аналитическое решение дифференциальных уравнений, описывающее данный процесс в целом.

Вопросы сепарирования сыпучей смеси в воздушном потоке, направленном под некоторым углом к горизонту, были теоретически исследованы В.В. Белобородовым [2], для переработки масличных семян и продуктов их обрушивания. Здесь также абсолютное движение тела рассматривается состоящим из движения относительного в системе координат, перемещаемой поступательным движением вместе с потоком, и переносного, скорость которого равна скорости воздушного потока.

Сепарирование с помощью воздушного потока обеспечивает разделение и отбор биологически наиболее полноценных семян. Доведение до высоких степеней разделения семян от биологически неполноценных и от инородных примесей связано с определением жестких границ скоростей потока воздуха и углов ее подачи в зависимости от размера и массы.

В работах [3-4] рассмотрен процесс сепарирования сыпучих смесей на основе рассеивания траектории полета частиц.

Критерии теоретической делимости смеси рассмотрен в работах [5-6]. Дан анализ критериев делимости частиц сыпучих смесей из однородных сред, где учитываются характеристики исходного материала и приведена энергетическая оценка эффективности технологических процессов на примере сепарирования многокомпонентных сред.

В работах [7-12] технология фракционирования выполняется методом отсева. В качестве сыпучего материала рассматривается древесная щепа. Общепринятой характеристикой эффективности технологии отсева сыпучих материалов является степень извлечения, определяемая как отношение количества извлечённых проходных частиц к начальному их количеству в надрешётном продукте.

В пневмосепарирующей канале поступает поток семян или другой сыпучей смеси и встречается с потоком воздуха. При встрече поток сыпучей смеси изменяет свое направление и скорость. Начальная скорость движения частиц определяется следующим образом [13]:

$$W_n = \left(U_n^2 - \omega_o^2 - 2U_n\omega_o \cos(90 - \chi) \right)^{\frac{1}{2}} = \left(U_n^2 + \omega_o^2 + 2U_n\omega_o + 2U_n\omega_o \sin \chi \right)^{\frac{1}{2}},$$

где ω_o - начальная скорость подачи сыпучей смеси в канале сепарирующего агрегата; χ - угол подачи сыпучей смеси (относительно горизонта); U_n - начальная скорость воздушного потока.

Материалы и методы. Рассмотрим движение сыпучей смеси в зависимости от массы, линейных размеров и других показателей включений. Предположим, что частица сыпучей смеси с данной скоростью под углом ν (относительно горизонта), под действием силы воздушного потока и скорости ее движения поднимается вверх в зависимости от ее массы.

Траектория полета сыпучей смеси представлена на рис. 1. Если следить за траекторией полета частицы по вертикальному направлению и через t обозначить вес отдельной частицы, R_v - силу сопротивления воздуха, L_n - подъемную силу воздуха; ν - угол траектории полета частицы относительно горизонта; Z_b - высоту полета частиц; W_c - первоначальную скорость полета частиц при встрече с воздушным потоком, тогда уравнение траектории полета частицы примет следующий вид [14]:

$$\frac{dW}{dz_e} = F(W, \nu), \quad (1)$$

$$\frac{d\nu}{dz_e} = G(W, \nu) \quad (2)$$

при условиях $W(o) = W_c$, $\nu(o) = \nu_o$ при $z_3 = O$.

F и G определяются следующим образом:

$$F(W, \nu) = -\frac{g(m \cdot \sin \nu + R_v)}{m \cdot W \cdot \sin \nu}, \quad G(W, \nu) = \frac{g(L_b - m \cdot \cos \nu)}{m \cdot W^2 \cdot \sin \nu},$$

$$\text{где } R_v = \frac{1}{2} k_v \rho_e S_p \cdot W^2, L_b = \frac{1}{2} k_p \rho_e S_p \cdot W^2.$$

Здесь k_v - коэффициент сопротивления воздуха, k_p - коэффициент подъемной силы воздушного потока; S_p - площадь основания частиц сыпучей смеси; ρ_e - плотность воздуха.

В данной постановке, в отличие от известных выше приведенных работ, при ММ процесса движения сыпучей смеси учитываются подъемная сила воздуха L_b , плотность воздуха и сила сопротивления воздуха R_v . Такая постановка задачи более объективно описывается. Данный процесс позволяет определить траекторию полета частиц в воздушном пространстве и диапазон изменения основных параметров технологического процесса в зависимости от физико-механических свойств сыпучей смеси.

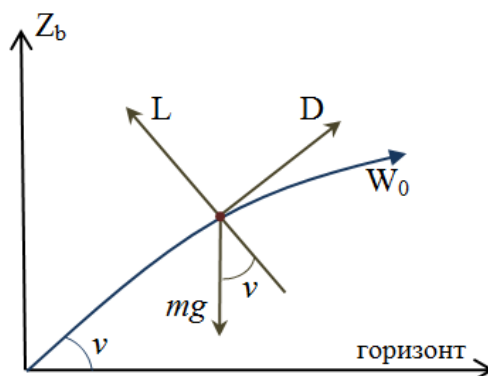


Рис. 1. Траектория полета сыпучей смеси

Таким образом, предложенная математическая модель позволяет определить характер движения частицы в равномерном, прямолинейном, направленном вертикально вверх, воздушном потоке в зависимости от скорости входа частиц в канал и аэродинамических свойств частиц.

Из постановки задачи видно, что, задавая частицам различные начальные скорости и углы подачи воздушного потока, можно получить многочисленные траектории полета частиц в зависимости от размера масс, упругости и формы комплекса физико-механических свойств.

Это позволяет более эффективно разделять сыпучие смеси по длине приемной части сепарируемых агрегатов.

Основными показателями, в результате изменения которых можно рассеять траектории полета и разделить их на разные фракции, являются размер и масса частиц, поверхностная оголенность и упругость частиц и других.

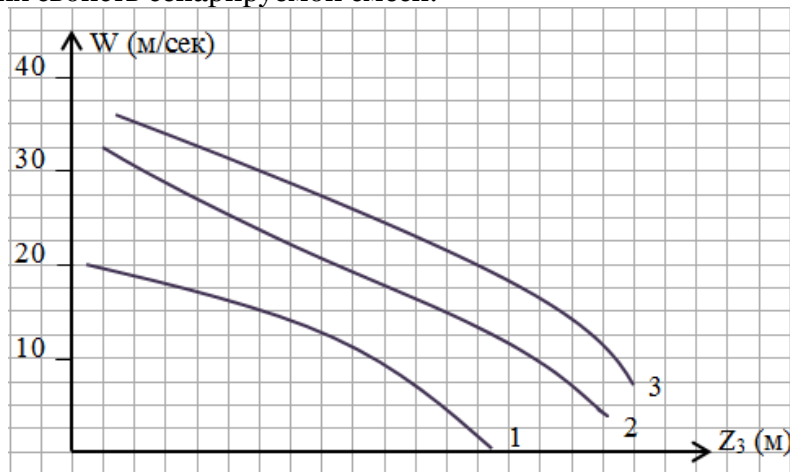
Так как поставленная задача описывается системой нелинейных уравнений нахождение ее решения в аналитическом виде затруднительно. Для решения поставленной задачи использованы методы прогноза и коррекции.

Вычислительные эксперименты были проведены на ЭВМ, для различных размеров и масс частиц сыпучих смесей (рис. 2-6), которые позволяют определить диапазоны изменения параметров работы воздушного сепаратора. На основе вычисления траектории полета частиц можно определить оптимальное место расположения приемной камеры сепарируемого агрегата.

Обсуждение результатов. На рис. 2-3 показана зависимость траектории высоты полета частиц от скорости подачи воздушного потока по трубе сепарируемого агрегата при $v_0 = 60^\circ$; $m = 0.3$ г; $C_o = 15$ м/с; $\zeta = 40^\circ$. Как видно из кривых, приведенных на рис. 2, с ростом скорости подачи воздуха растет высота полета частиц.

Из траектории полета частиц видно, что их скорость по высоте будет линейно уменьшаться. Анализ результатов ВЭ показал, что уменьшение скорости полета частиц по высоте, в основном, зависит от массы и коэффициента парусности частиц. Частицы, при

полете достигая максимальной высоты, далее двигаются в горизонтальном направлении. Путь, который частица пройдет по горизонтали, зависит от линейного размера их основания и от плотности воздуха, в котором частица перемещается от точки к точке. Сыпучая смесь определенной массы при переходе критической скорости теряет свой режим устойчивого полета и переходит к хаотическому движению. В связи с этим необходимо определить скорость подачи воздушного потока и угол поддува в широком диапазоне изменения физико-механических свойств сепарируемой смеси.

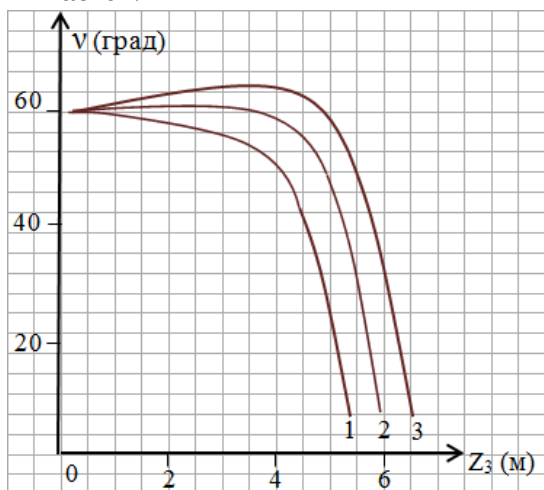


1 - $L_3 = 1.0$ м; 2 - $L_3 = 2.0$ м; 3 - $L_3 = 4.0$ м

Рис. 2. Зависимость траектории высоты полета частиц от скорости подачи воздушного потока

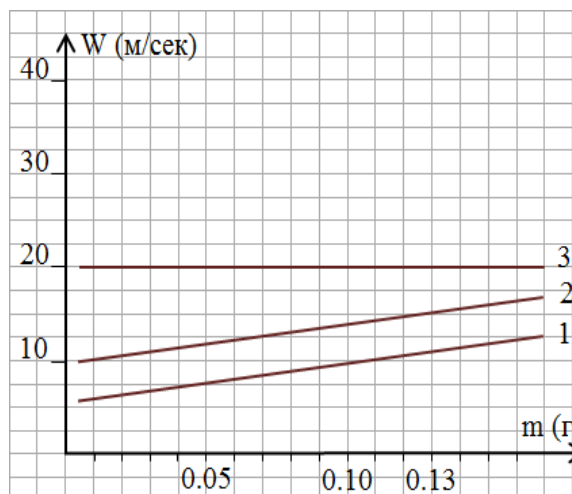
Изменение угла полета частиц в зависимости от начальной скорости подачи воздуха изображено на рис. 3. Из кривых, которые приведены на рис. 3, видно, что увеличение угла полета частиц относительно горизонта зависит от начальной скорости подачи воздушного потока. При скорости полета частиц от 20 до 30 м/с этот угол возрастает до высоты 4-4.5 м, а затем резко уменьшается.

ВЭ показали, что рассеивание сыпучей смеси в зависимости от скорости полета частиц дает возможность их эффективного разделения, так как каждая частица имеет свою скорость полета. Зависимость скорости полета частицы от массы проиллюстрирована на рис. 4. Из рис. 4 следует, что с увеличением массы сыпучей смеси скорость полета частиц увеличивается.



1 - $C_0 = 20$ м/с; 2 - $C_0 = 25$ м/с; 3 - $C_0 = 30$ м/с

Рис. 3. Изменение угла полета частиц относительно горизонта в зависимости от начальной скорости подачи воздушного потока

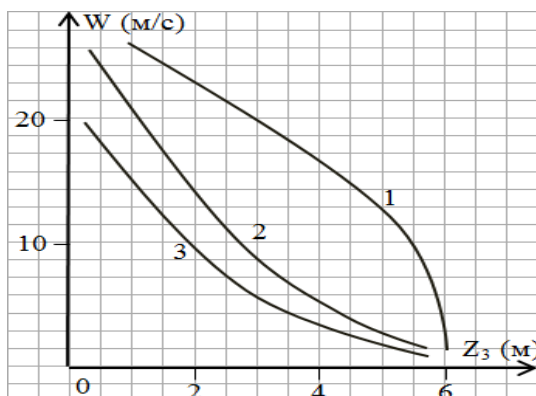


1 - $Z_3 = 3.5$ м; 2 - $Z_3 = 2.5$ м; 3 - $Z_3 = 1.5$ м

Рис. 4. Зависимость скорости полета частиц от массы

Это объясняется тем, что с увеличением массы частицы растет ее инерционная сила, в результате чего скорости их полета становятся большими. Надо отметить, что такой вывод не всегда приемлем для частиц любой массы и скорости поддува воздушного потока. Поэтому определение скорости, при которой частица сыпучей смеси пролетает большое расстояние в зависимости от массы и размеров, является одной из основных проблем процесса разделения сыпучей смеси.

Вторым вопросом данного ТП является определение траектории полета частиц в зависимости от размеров частиц. На рис.5 показано изменение скорости полета частиц по высоте в зависимости от их опухенности.



1 - $S = 0.058 \text{ см}^2$; 2 - $S = 0,053 \text{ см}^2$; 3 - $S = 0.048 \text{ см}^2$

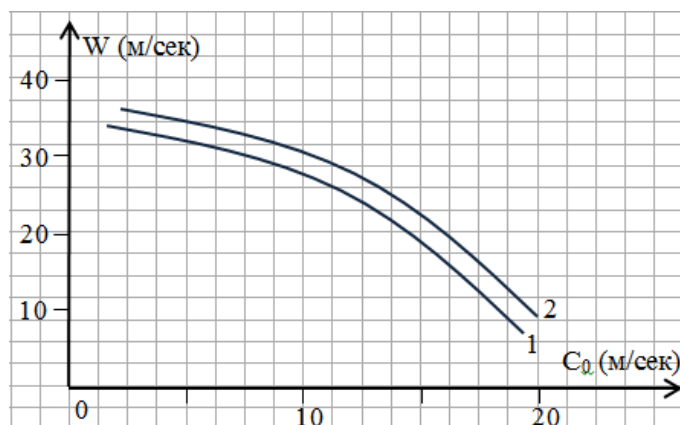
Рис. 5. Изменение скорости полета частиц по высоте в зависимости от их опухенности

Как видно из этих зависимостей, с увеличением опухенности начальная скорость частиц увеличивается.

Это объясняется тем, что при полете на частицы действует сила сопротивления воздуха. С уменьшением опухенности частиц сила сопротивления воздуха уменьшается.

Из рис. 6 видно, что с уменьшением скорости подачи сыпучей смеси скорость её полета будет расти. Анализ результатов ВЭ показал, что при $m = 0.1\text{г}$ и $C_0 = 10 \text{ м/с}$ частица сыпучей смеси до высоты $L_3 = 2.6 \text{ м}$ будет перемещаться по заданному определенному направлению, а далее, теряя направление полета, начинается ее хаотичное движение. При приближении C_0 к скорости поддува U_0 частицы начинают перемещаться хаотично.

Поэтому для достижения однородности сыпучей смеси необходимо разделить, а также четко определить диапазон частицы скорости подачи частиц и воздушного потока в зависимости от массы и их линейных размеров.



1 - $L_3 = 2.0 \text{ м}$; 2 - $L_3 = 4.0 \text{ м}$

Рис. 6. Изменение скорости полета частиц от начальной скорости подачи воздушного потока

Выводы. Из анализов ВЭ видно, что при изменении угла подвода воздушного потока от 10 до 25° и от 77 до 90° частицы сыпучей смеси двигаются беспорядочно (хаотично). В диапазоне изменения угла подвода от 30 до 75° частицы сыпучей смеси двигаются по заданному направлению в зависимости от своих масс и размерности. ВЭ установлены, что наибольшее рассеивание сыпучей смеси происходит при углах подвода их из интервала от 60 до 65°.

Частицы, входящие в вертикальный канал, вначале движутся вниз под углом, затем с малыми значениями скоростей витания резко меняют направления и уносятся вверх воздушным потоком. Частицы со скоростью витания, близкой к скорости воздушного потока, движутся также вначале вниз, а затем по траектории близко к горизонтали. Как следует из проведенных ВЭ на ЭВМ при разделении семян с помощью силы потока воздуха растет эффект сепарирования. Особенно это заметно для семян с большой степенью опушенности.

К числу факторов, влияющих на эффект очистки, относится степень различия скоростей витания очищенной сыпучей смеси от примесей. Чем меньше отличие скоростей витания, тем ниже эффект очистки. Также на него влияет средняя скорость воздушного потока. При достижении этой скоростью некоторого предельного значения происходит унос нормальных зерен в отходы. В связи с этим особое внимание уделяется определению оптимальной величины средней скорости воздушного потока. В основном влияние на эффект очистки оказывает равномерность потока в канале. В результате неравномерного потока в трубе сепарирующего аппарата происходит или отстой частиц сыпучей смеси на стенках трубы или их унос в отходы.

Сопоставление результатов ВЭ с натурными показало, что:

а) разработанная ММ, описывающая траектории полета частицы полностью совпадает с физикой данного явления;

б) с помощью данного математического аппарата можно определить оптимальные диапазоны изменения параметров процесса (угла, подвода, скорости подачи воздушного потока, угла загрузки сыпучей смеси и т.д.);

в) на основе полученных результатов расчета можно усовершенствовать отделение части сепарирующих агрегатов.

Примечания:

1. Гортинский В.В. Теоретические основы послонных движений продуктов измельчения зерна на сите отсева // Труды ВНИИЗ. М., 1960. Вып. 39. С. 65-82.

2. Белобородов В.В., Мацук Ю.П., Криевский Б.Н., Кузнецов А.Т. Подготовительные процессы переработки масличных семян. М.: Пищевая промышленность, 1974. С.121-138.

3. Hartmann H., Böhm T., Jensen P.D., Temmerman M., Rabier F. and Golser M. Methods for size classification of wood chips // Biomass and Bioenergy. Vol. 30, Issue 11, November 2006, Pages 944-953. <http://www.sciencedirect.com>

4. Nati C., Spinelli R., Fabbri P. Wood chips size distribution in relation to blade wear and screen use // Biomass and Bioenergy. Vol. 34, Issue 5, May 2010. Pages 583-587. <http://www.sciencedirect.com>.

5. Пивень В.В., Уманская О.Л. Анализ методов оценки эффективности сепарирования // Современные научные исследования и инновации. Февраль 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/02/22518> (дата обращения: 03.10.2013).

6. Пивень В.В., Уманская О.Л. Классификация вибрационных сепарирующих машин // Современные научные исследования и инновации. Март 2013.-№3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2013/03/22592> (дата обращения: 18.11.2013).

7. Колесников Г.Н., Васильев С.Б. Две интерпретации одного критерия технологической эффективности фракционирования сыпучих материалов методом отсева // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2012. № 3. С. 42-49.

8. Колесников Г.Н., Васильев С.Б. Математическая модель технологического процесса фракционирования полидисперсного сыпучего материала методом отсева на установках с ярусной компоновкой сит // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2012. № 3. С. 42-49

9. Брасалин С. Н. О двух критериях технологической эффективности крупноотделения на крупозаводах // Современные проблемы производства продуктов питания: Сборник докладов седьмой научно-практической конференции с международным участием / Алт.

гос. техн. ун-т им. И.И.Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. С. 23–26.
<http://izdat.secna.ru/arhiv/ifiles/1611051643/1611051643.pdf>.

10. Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Логистический подход к моделированию фракционирования сыпучих материалов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2010. № 4 (109). С. 61–65.

11. Васильев С.Б., Колесников Г.Н. Сортирование древесной щепы. Эксперименты и моделирование. Изд-во ПетрГУ. Петрозаводск, 2012. 138 с.

12. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В. Технология и моделирование очистки круглых лесоматериалов в установках барабанного типа. Изд-во ПетрГУ. Петрозаводск, 2012. 88 с.

13. Крюков Б.И. Исследование проведения насыпного материала на вибрирующей шероховатой поверхности// Известия ВУЗов. Горный журнал. Москва, 1963. № 1. С. 48-59.

14. Равшанов Н., Атауллаев А.Х. Численное решение задачи сепарирования семян хлопчатника с поддувом воздушного потока. Москва, 1987. 5 с. Деп. в ВИНТИ. 1987, N 1635.

УДК 512.312

Математическая модель технологического процесса сортирования трудноразделяемых смесей на основе рассеивания траекторий полета частиц

¹ Норммахмад Равшанов

² Бозорбой Палванов

³ Гулнора Шерматова

Центр разработки программных продуктов и аппаратно-программных комплексов при ТУИТ, Республика Узбекистан

100125 г. Ташкент, ул. Дурмон Йули 25

Доктор технических наук

E-mail: ravshanzade-09@mail.ru

Ургенчский государственный университет, Республика Узбекистан

220100 г. Ургенч ул. Х. Олимжон 14

Ассистент

E-mail: bozorboy@yandex.ru

Ташкентский государственный педагогический университет, Республика Узбекистан

100070, г. Ташкент, ул. Юсу Хос-Хожиб 103

E-mail: gulisher21@rambler.ru

Аннотация. В работе для сортирования трудноразделяемых сыпучих материалов и подбора полноценных семян сельскохозяйственных культур приведена математическая модель и результаты проведенных численных расчетов на ЭВМ, с помощью которых можно определить основные параметры процесса и их диапазоны изменения, обеспечивающие максимальное рассеивание полета частиц в зависимости от физико-механических параметров исходного сырья.

Ключевые слова: математическая модель; вычислительный эксперимент; численный алгоритм; технологический процесс; сыпучая смесь.