

# ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

---

УДК 631. 326. 3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВКИ НА КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ КОЛЬЦЕВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*А.Б. Оспанов, А.В. Акулич, С.М. Ергалиева, Б.О. Токсанбаева*

Представлены результаты экспериментального исследования движения модельной частицы (зерновки) на кольцевой поверхности, совершающей вращательные колебания вокруг вертикальной оси. Определены значения установочных и кинематических параметров кольцевого сепарирующего органа в зависимости от относительной скорости модельной частицы.

### **Введение**

При разработке новых способов сепарирования зерна и продуктов его переработки экспериментальное исследование относительного движения зерновки и (или) зернового материала на колеблющихся ситовых поверхностях занимает особое место, что обусловлено выбором методики и средств для измерения параметров, обеспечивающих высокий уровень точности измерения и адекватности исследуемого объекта к реальному процессу [1].

В поисках эффективного способа ситового сепарирования зерносмеси нами предложен кольцевой ситовой сепарирующий орган с вращательными колебаниями. Литературный анализ по исследованиям движения частицы по колеблющейся ситовой поверхности выявил множество методик и средств для измерения параметров процесса движения частицы (зерновки), одним из лучших по результатам сходимости теории и эксперимента является видеорегистрация параметров процесса.

Цель работы – исследование относительного движения модельной частицы (зерновки) по ситовой кольцевой опорной поверхности, совершающей вращательные колебания вокруг вертикальной центральной оси.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

С целью изучения движения модельной частицы, определения ее траектории и значений средней относительной скорости по кольцевой поверхности разработано приспособление для закрепления видеоаппаратуры на экспериментальном образце сепарирующего органа (рисунки 1).

На горизонтальную поверхность 1, совершающую вращательные колебания в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, помещали модельную частицу 2. На стационарную раму 3 устанавливали цифровую видеокамеру 4. Конструкция рамы позволяла менять расстояние от видеокамеры до горизонтальной поверхности и тем самым снимать участок возможного движения модельной частицы. Видеосъемку движения модельной частицы проводили до момента ее касания концентричного кольцевого порога 5.

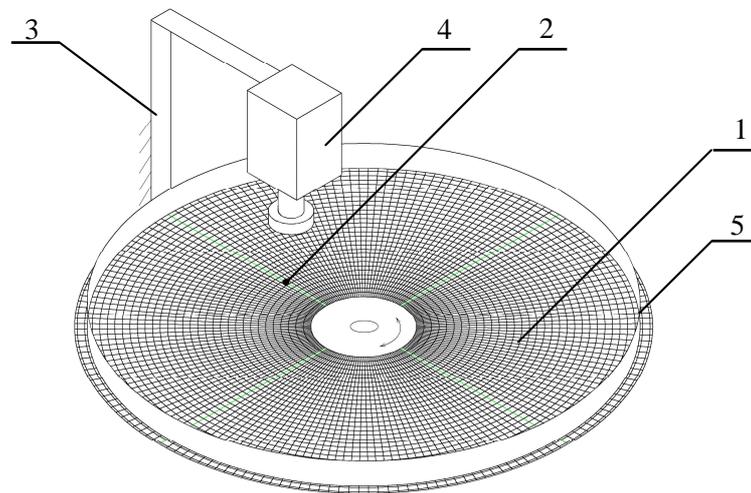
Для определения характера радиального перемещения единичной модельной частицы на горизонтальной колеблющейся поверхности и расчета её средней скорости как в относитель-

ном, так и в абсолютном движении, применяли цифровую видеокамеру «Canon».

В качестве модельной частицы была принята идентичная по форме, плотности и размерам зерна основной культуры частица, изготовленная из графита. Основной обрабатываемой культурой является зерна пшеницы. Плотность графита соответствовала плотности зерна пшеницы. Определенные ранее в исследованиях кинематические параметры процесса ситового сепарирования на кольцевой поверхности, удовлетворяющие высоким показателям очистки зерна от мелких примесей, были следующими: частота колебаний сепарирующего органа –  $n = 110 \text{ мин}^{-1}$  и угловая амплитуда колебаний –  $\varphi_0 = 12^\circ$  [2].

Для обеспечения сепарирующему органу вращательных колебаний вокруг вертикальной оси использовали кривошипно-шатунный механизм, который приводил кольцевой орган близким к гармоническим колебаниям с некоторой асимметрией.

Для определения масштаба изображения на горизонтальной колеблющейся поверхности рабочего органа была установлена масштабная сетка, представляющая собой концентрические круги диаметром от 360 до 1110 мм с интервалом 15 мм и радиальные линии с угловым шагом  $2^\circ$ , исходящие из общего центра кругов.



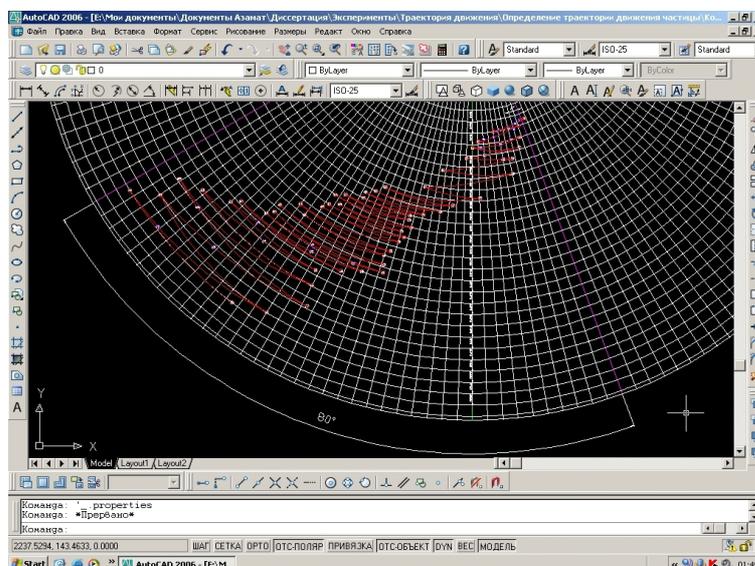
**Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для изучения движения модельной частицы**

Покадровую разбивку полученной видеосъемки в формате avi на отдельные изображения в формате jpg выполнили с помощью компьютерной программы AVIedit. Временной промежуток между полученными кадрами при этом составил 0,08 с.

Для получения траектории единичной модельной частицы в относительном движении, сначала по изображению первого кадра определяли её положение относительно тех или иных концентрических кругов и радиальных линий масштабной сетки, затем находили уже известные координаты положения модельной частицы на чертеже в масштабе 1:1, используя для этого программу AutoCad (рисунок 2).

Аналогично для определения следующего положения модельной частицы использовали изображение второго кадра и т.д. В результате получили последовательное положение центра модельной частицы за некоторое количество вращательных колебаний рабочего органа. Далее, определяя точки расположения модельной частицы через каждые 0,08 с и соединяя их плавной кривой, установили траекторию частицы в среднем радиальном направлении.

Поскольку исследование движения модельной частицы осуществлялось при негармонических вращательных колебаниях горизонтальной опорной поверхности, то модельная частица вследствие асимметрии колебаний совершала неодинаковое амплитудное перемещение вдоль кольцевого канала.



**Рисунок 2 – Траектория движения модельной частицы**

Из анализа полученной траектории движения модельной частицы видно, что:

- в результате негармонических колебаний горизонтальной опорной поверхности траектория движения модельной частицы имеет асимметричный характер;
- наблюдается смещение траектории движения модельной частицы в сторону большего ускорения, которое увеличивается по мере удаления от центра колебаний;
- в результате смещения траектории движения модельной частицы увеличивается путь ее прохождения по кольцевой поверхности, что в реальном процессе очистки зерна увеличит время его обработки и соответственно способствует повышению степени просеиваемости мелких примесей.

На рисунке 3 изображена зависимость изменения линейной скорости модельной частицы от радиуса кольцевого канала. Из графика видно:

- линейная скорость модельной частицы на горизонтальной поверхности кольцевого канала возрастает по мере удаления от оси колебаний;
- зависимость линейной скорости модельной частицы от величины радиуса кольцевого канала носит линейный характер;
- максимальное значение линейной скорости модельной частицы наблюдается при радиусе кольцевого канала 0,5 м и составляет более 0,8 м/с.

На рисунке 4 изображена зависимость изменения радиальной скорости модельной частицы от радиуса кольцевого канала. Из анализа графика видно, что:

- до радиуса 0,33 м изменения радиальной скорости модельной частицы от величины радиуса кольцевого канала имеет линейный возрастающий характер, т.е. величина радиального перемещения модельной частицы линейно увеличивается по мере увеличения радиуса кольцевого канала;
- при значениях радиуса кольцевого канала больше чем 0,33 м зависимость изменения радиальной скорости модельной частицы от величины радиуса кольцевого канала носит резко возрастающий характер, это означает, что по мере удаления от оси колебаний модельная частица проходит все большее расстояние в радиальном направлении.

На рисунке 5 приведена зависимость изменения угловой амплитуды движения модельной частицы от радиуса кольцевого канала.

Анализируя данную зависимость, отметим следующее:

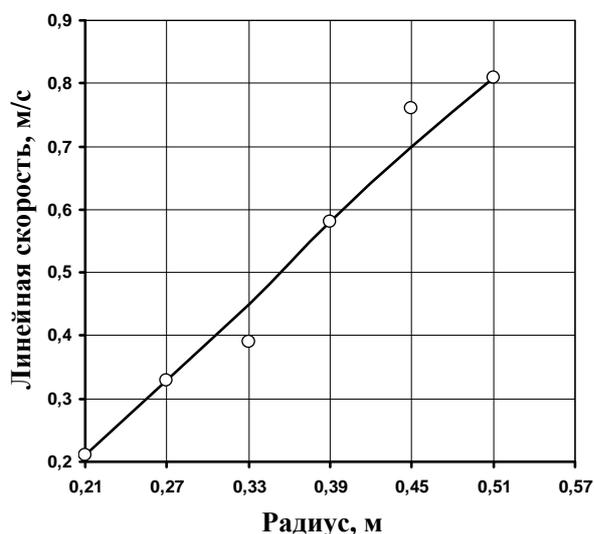
- приведенная зависимость изменения величины амплитуды модельной частицы от радиуса кольцевого канала носит линейный возрастающий характер;

- величина амплитуды движения модельной частицы возрастает по мере удаления от оси колебания, что объясняется увеличением скорости и ускорения по мере увеличения радиуса кольцевого канала.

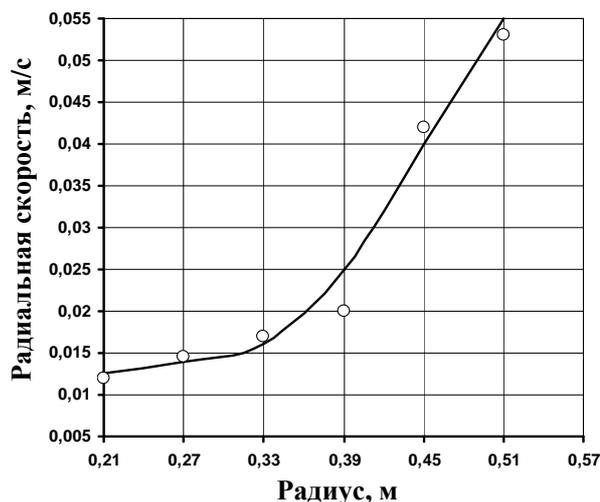
На рисунке 6 представлена зависимость углового смещения траектории модельной частицы за один полный период колебания от радиуса кольцевого канала. Из анализа представленного графика следует, что:

- зависимость величины смещения модельной частицы от радиуса кольцевого канала имеет возрастающий линейный характер, т.е. значение смещения увеличивается по мере увеличения радиуса кольцевого канала или удаления от оси колебаний;

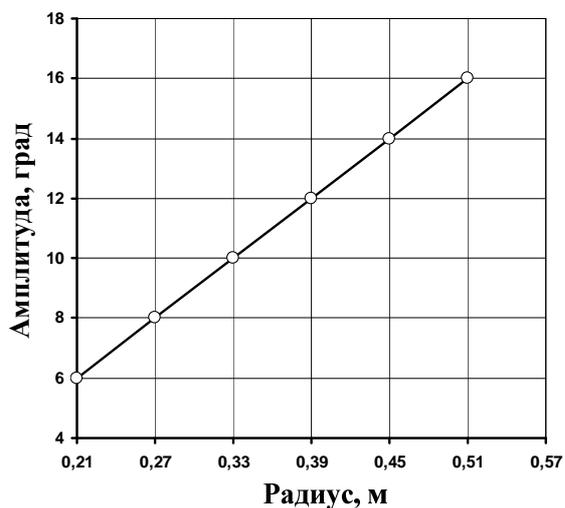
- максимальная величина углового смещения модельной частицы составляет  $70^\circ$  и наблюдается при радиусе кольцевого канала равного 0,51 м, а это связано с увеличением скорости и ускорения на больших радиусах.



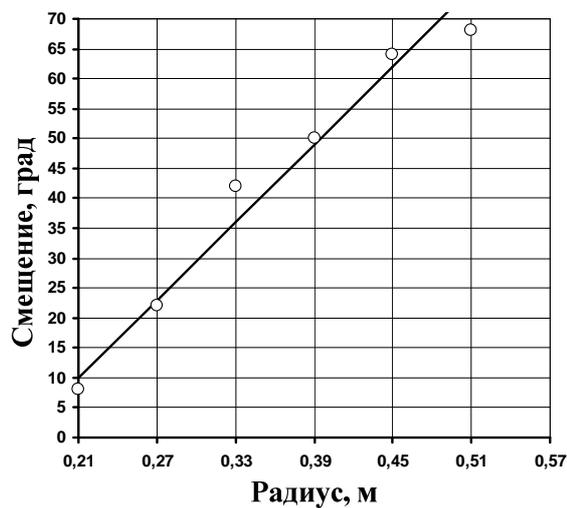
**Рисунок 3 – Изменение линейной скорости частицы от радиуса кольцевого канала**



**Рисунок 4 – Изменение радиальной скорости частицы от радиуса кольцевого канала**



**Рисунок 5 – Изменение угловой амплитуды частицы от радиуса кольцевого канала**



**Рисунок 6 – Изменение углового смещения частицы от радиуса кольцевого канала**

### **Заключение**

Установлена закономерность влияния кинематических параметров рабочего органа на линейную и радиальную скорость модельной частицы, равновеликой зерну основной культуры в процессе ее колебательного перемещения по радиусу кольцевого канала, совершающего вращательные колебания. При негармонических вращательных колебаниях опорной поверхности частица перемещается в радиальном направлении за счет влияния центробежной силы и совершает угловое смещение в сторону наибольшего значения тангенциальной силы инерции. Угловое смещение ( $70^\circ$ ), обусловленное асимметрией амплитуды колебаний рабочего органа, дает возможность увеличения продолжительности обработки и, следовательно, увеличения вероятности просеивания по сравнению с гармоническими колебаниями опорной ситовой поверхности.

### **Литература**

- 1 Гортинский, В.В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: КолосС, 1980 с.
- 2 Оспанов, А.Б. Регрессионные модели технологического процесса очистки зерна от мелких примесей/ А.Б. Оспанов, М.Д. Кенжеходжаев, Д.Ш. Баймуратов, А.К. Омаров // Пути повышения конкурентоспособности и безопасности продукции пищевой и легкой промышленности: Материалы международной научно-практической конференции. – Алматы, 2005. – С. 273–274.

*Поступила в редакцию 15.05.2017*