

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИСЛОЕВОГО ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗЕРНОВЫХ СМЕСЕЙ

**Тищенко Л.Н., д.т.н., проф., акад. НААНУ, Пивень М.В., к.т.н.,
Бредихин В.В., к.т.н.**

*(Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко)*

В статье предложена методика исследования внутрислоевого движения частиц зерновых смесей.

Эффективность сепарирования зерновых смесей (ЗС) толстым слоем на решетке, в режимах высоких удельных загрузок, зависит преимущественно от интенсивности внутрислоевых процессов. В сыпучей смеси происходит взаимно направленное относительное перемещение частиц с разными удельными весами и разной крупностью. Таким образом, исследование внутрислоевого движения частиц является актуальной задачей в изучении процесса сепарирования.

Применяемые методы исследований внутрислоевого движения частиц с использованием радиоактивных изотопов [1] требуют для изучения процесса сложной аппаратуры и не обеспечивают при этом достаточной надежности получаемых результатов. Вследствие неодинаковой радиоактивности меченых частиц снижается точность измерений.

Метод определения профиля скоростей, предложенный в работе [2], основан на использовании специальных датчиков, изготовленных в виде легких втулок, способных перемещаться по тонким нитям, натянутым на разных глубинах в слое смеси. По времени прохождения датчиками заданного расстояния определяется скорость смеси на разной глубине. Однако трение датчика о поверхность нити, отличие его размеров, формы, веса, свойств поверхности от аналогичных параметров зерна вносят погрешности в результаты измерений. Таким образом, данный метод позволяет определить только качественные зависимости исследуемого процесса.

Метод определения скорости погружения проходовой частицы, основанный на определении времени прохождения всей толщины

слоя [3], позволяет найти лишь среднее значение, но не определяет конкретную скорость в любом положении по толщине слоя.

Цель – разработка методики исследования внутрислоевого движения частиц зерновой смеси.

Исследование внутрислоевого движения частиц с помощью видеосъемки (рис. 1) является более простым и надежным методом, позволяющим достаточно точно определять параметры отдельных зерен смеси по всей толщине слоя.

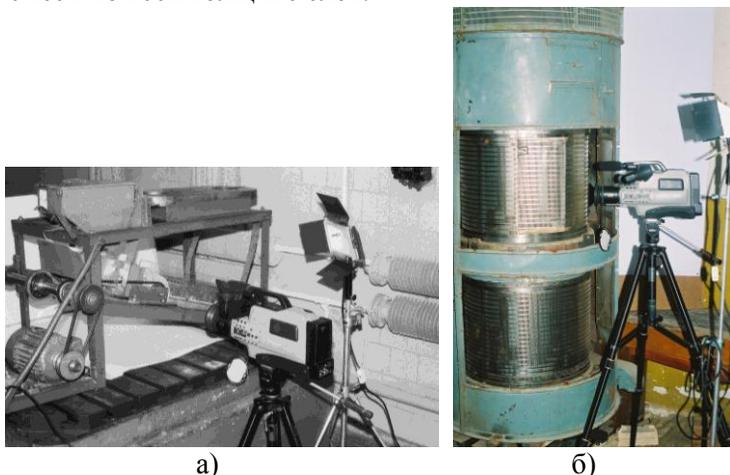


Рис. 1. Видеосъемка внутрислоевого движения частиц ЗС на поверхности решет: а) – плоского; б) – цилиндрического

Для исследования траекторий движения частиц при сепарировании плоским решетом в экспериментальном плоскорешетном сепараторе боковая стенка изготовлена из оргстекла с нанесением координатной сетки (рис.2).

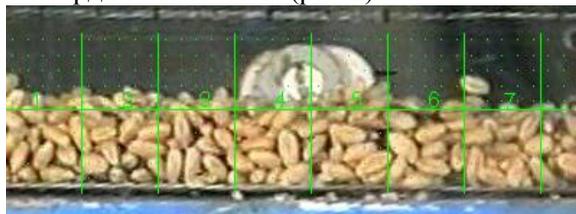


Рис. 2. Прозрачная боковая стенка плоскорешетного сепаратора

На начальном участке прозрачной боковой стенки смонтировано устройство ввода в ЗС меченых частиц (рис. 3, 4).

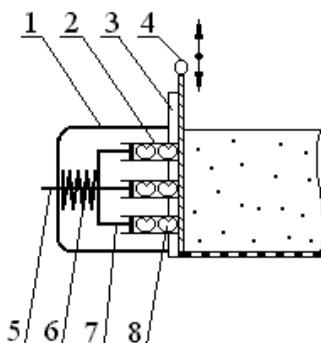


Рис. 3. Конструктивная схема устройства ввода в ЗС меченых частиц: 1 – корпус; 2 – трубка направляющая; 3 – стенка боковая; 4 – заслонка; 5 – шток; 6 – пружина; 7 – толкатель; 8 – частица меченая

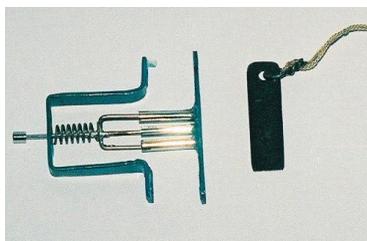


Рис. 4. Общий вид устройства ввода меченых частиц

Устройство состоит из корпуса 1, направляющих трубок 2, расположенных вдоль нормали к стенке, толкателей 7, штока 5, пружины 6 и заслонки 4. Меченые (окрашенные) частицы 8 помещаются в направляющие трубки 2, поджимаются толкателями 7 и при открытии заслонки 4 выталкиваются в слой ЗС на различной глубине. Увлекаясь несущим потоком, они движутся вдоль прозрачной стенки. Это позволяет с помощью координатной сетки исследовать движение ЗС.

Для исследования траекторий движения частиц на цилиндрическом виброцентробежном решете, вдоль его образующей, выполнен изгиб 1 ступенчатой формы (рис. 5, 6). В радиальной стенке 2 ступени вырезан прямоугольный проем и вставлено оргстекло 3 с координатной сеткой. На начальном участке радиальной стенки смонтировано устройство ввода в ЗС меченых частиц 4.

Для исследования траекторий движения проходových частиц в слое ЗС используются мелкие частицы разных размеров. К мелким относятся частицы, размер которых меньше частиц несущего потока.

К крупным – частицы, размер которых больше частиц несущего потока. Ввод частиц в ЗС осуществляется при установившемся режиме работы сепараторов.

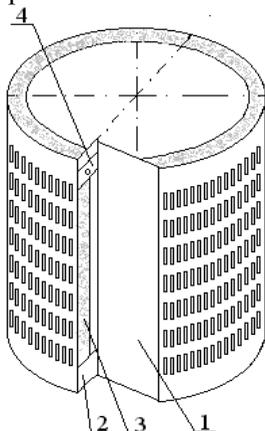


Рис. 5. Конструктивная схема цилиндрического решета со ступенчатым продольным изгибом: 1 – изгиб ступенчатый; 2 – стенка ступени радиальная; 3 – оргстекло; 4 – устройство ввода меченых частиц



Рис. 6. Общий вид цилиндрического решета со ступенчатым продольным изгибом

Выборка частиц заданных размеров производится путем удаления из смеси естественного гранулометрического состава всех частиц, размеры которых меньше или больше заданных с помощью решет. Измерение размеров частиц проводится с помощью инструментального микроскопа УИМ-21. Количество частиц в выборке принимается 500 штук.

Плотность частиц ЗС определяется в соответствии с ОСТ

70.10.2-83 при последовательном погружении контрольной выборки частиц в растворы гипосульфита натрия различной концентрации. Выборка фракций принимается равной весу 500 зерен.

Обработку видеосъемки процесса выполняют, прослеживая пути видимых через прозрачную стенку окрашенных частиц ЗС относительно координатной сетки. Расстояния, проходимые окрашенными частицами, и их скорости становятся известными в результате определения координат частиц на кадрах видеосъемки и частоты смены кадров в единицу времени.

Измеряя расстояние L_x , пройденное частицей за отрезок времени t , определяется скорость ее движения:

$$v_{\text{см}} = \frac{L_x}{t}, \quad (1)$$

$$t = t_{\text{кадр}} \cdot k, \quad (2)$$

где k – количество кадров, соответствующих перемещению частицы на расстояние L ; $t_{\text{кадр}}$ – время одного кадра.

$$t_{\text{кадр}} = \frac{1}{n}, \quad (3)$$

где n – частота смены кадров в секунду.

Для определения скорости движения ЗС на разной глубине всю толщину слоя делят на N равных частей. С помощью устройства ввода в ЗС меченых частиц вводят на разной глубине окрашенные частицы одинакового размера и плотности с частицами несущего потока, и прослеживают их путь на заданной глубине. Окрашивание частиц в разный цвет дает возможность наблюдать за движением группы зерен.

Траектории движения проходowych частиц, отличающихся размерами и плотностью от частиц несущей среды, определяются по их положениям в слое на кадрах видеосъемки через равные промежутки времени. Соединение точек положения частиц в слое в разные моменты времени позволяет установить их траекторию движения. Интенсивность внутрислоевого движения проходовой частицы определяется нормальной u и продольной w составляющими ее скорости. Нормальная составляющая u скорости частицы определяется как отношение проекции траектории на нормаль к решетке ко времени движения частицы от начального положения до достижения поверхности решетки или свободной поверхности слоя. Продольная составляющая w скорости частицы определяется отношением проекции траектории на решетку за тоже самое время. Следовательно

$$u = \frac{S_n}{t^*}, \quad w = \frac{S_{\text{реш}}}{t^*}, \quad (4)$$

где S_n – проекция траектории частицы на нормаль к решетке; $S_{\text{реш}}$ – проекция траектории частицы на решетку; t^* – время движения частицы от начального положения до поверхности решетки (при погружении) или до свободной поверхности слоя (при всплывании).

Вследствие трения частиц ЗС о поверхность прозрачной боковой стенки, скорость их движения будет меньше действительной скорости. Необходим поправочный коэффициент, учитывающий снижение скорости частиц у поверхности прозрачной стенки. Действительную скорость движения частиц элементарного слоя можно определить, измерив расход смеси по глубине слоя. Соотношение действительной скорости $v_{\text{действ}}$ к скорости меченой частицы $v_{\text{м.ч}}$ у прозрачной стенки определяет величину поправочного коэффициента

$$k = \frac{v_{\text{действ}}}{v_{\text{м.ч}}}. \quad (5)$$

Расход смеси по глубине слоя определяется следующим образом. На конечном участке решетки, когда ЗС еще находится на решетке, установлена отсекающая пластина, разделяющая всю толщину смеси на верхний и нижний слои и направляющая их в отдельные сборные лотки. Разбивка толщины смеси на большее количество слоев (особенно при малой толщине) нецелесообразно, так как требует увеличения числа отсекающих пластин. Это приводит к затору потока смеси и искажению результатов. Вес смеси, поступившей в сборные лотки за определенный промежуток времени, определяет расход. По величине расхода нижнего и верхнего слоев определяют скорость смеси на глубинах $z_1^* = \frac{h_{\text{нижн}}}{2}$

и $z_2^* = \frac{h_{\text{нижн}}}{2} + \frac{h_{\text{верх}}}{2}$ по формуле

$$v = \frac{Q_{\text{сл}}}{Bh\gamma}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{сл}}$ – расход смеси рассматриваемого слоя; B – ширина решетки; h – толщина рассматриваемого слоя, верхнего или нижнего, отделяемого отсекающей пластиной; γ – плотность смеси.

Скорость частиц на свободной поверхности слоя определяется по времени прохождения окрашенным зерном заданного расстояния. Таким образом, сопоставляя действительную скорость частиц смеси

на разных глубинах со скоростями у прозрачной стенки на этих же глубинах, можно определять поправочный коэффициент.

Таким образом, предлагаемая методика и лабораторное оборудование позволяют исследовать движение частиц несущего потока ЗС и относительное движение проходowych частиц в слое смеси.

ВЫВОДЫ

1. Для исследования внутрислоевых движений частиц ЗС с помощью видеосъемки боковая стенка плоскорешетного вибросепаратора изготовлена из оргстекла, а в цилиндрическом решете виброцентробежного сепаратора выполнен ступенчатый изгиб с прозрачной радиальной стенкой.

2. Траектории движения частиц определяются по их положениям в слое на кадрах видеосъемки через равные промежутки времени, а скорости по их координатам и частоте смены кадров в единицу времени.

Список литературы

1. Перцовский Е.С., Птушкина Г.Е., Хигер Х.И. Применение радиоактивных изотопов для изучения процесса самосортирования зерновой массы // Сообщения и рефераты ВНИИЗ. – М.: ВНИИЗ, 1982. – Вып. 3. – С. 27 – 31.

2. Захаров Н.М. Исследование движения слоя зерна при вибрационном перемещении: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 185 / МИИСП. – М., 1968. – 21 с.

3. Захаров Н.М. Об аналогии вибрируемого слоя зерна с вязкой жидкостью // Доклады МИИСП. – М.: МИИСП, 1966. – Т. III. – Вып. 1. – С. 201 – 210.

Анотація

ДОСЛІДЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОШАРОВОГО РУХУ ЧАСТОК ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

У статті запропонована методика дослідження внутрішньошарового руху часток зернових сумішей.

Abstract

RESEARCH OF THE INTERLAYER MOTION OF PARTICLES OF GRAIN MIXTURES

The methodology of research of the interlayer motion of particles of grain mixtures offers in the article.