

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОВЯЗКОСТИ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ КУКУРУЗЫ

Абдуева Ф.М., ас.

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)

В статье методом тензометрирования экспериментально определены значения вибровязкости зерновой смеси кукурузы при сепарировании на разработанных решетках. Установлены зависимости вибровязкости от толщины слоя, физико-механических свойств смеси, загрузки и режима работы решета.

Актуальность темы и цель исследования. Для интенсификации процесса сепарирования зерновых смесей (ЗС) кукурузы на виброцентробежных сепараторах разработаны решета с интенсификаторами-направителями [1, 2]. Проведены теоретические исследования [3, 4], созданы математические выражения динамики сходовых частиц ЗС с учетом изменения вибровязкости (динамического коэффициента вязкости) ЗС кукурузы [5].

Исследованиями многих авторов установлено, что сыпучая смесь, подверженная воздействию вибрации, ведет себя аналогично жидкости с коэффициентом вязкости, зависящим от параметров вибрации [6, 7]. Эффективным экспериментальным методом определения вибровязкости является тензометрирование. Существенное влияние на динамический коэффициент вязкости ЗС оказывают конструктивно-кинематические параметры решет, толщина слоя, влажность и размеры частиц.

Цель статьи – методом тензометрирования определить вибровязкость ЗС кукурузы, исследовать влияние на нее интенсификаторов-направителей разработанных решет.

Для экспериментальных исследований использовали плоскорешетный вибрационный сепаратор (рис. 1). Он состоит из решетного стана 1, который посредством подвесок 2 закреплен на раме 3. Боковая стенка 4 решетного стана изготовлена из оргстекла, на которой нанесена координатная сетка. Решетному стану сообщаются продольные колебания в вертикальной плоскости посредством вращающейся эксцентриковой шайбы 5, соединенной с

ним шатуном 6. Эксцентриковая шайба установлена на валу 7, который приводится во вращение через ременную передачу от вариатора 8, который находится на валу электродвигателя 9. ЗС из бункера 10 подается на приемный участок решетчатого стана и далее на решетку 11. Сход с решетки поступает в лоток 12, проход – в лоток 13. Для очистки отверстий решетки в решетчатом стане установлен шариковый очиститель 14.

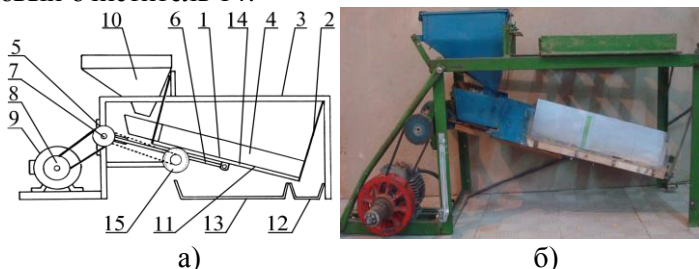


Рис. 1. Экспериментальный вибрационный сепаратор: а) - конструктивная схема: 1 – стан решетчатый; 2 – подвески; 3 – рама; 4 – стенка прозрачная боковая; 5 – шайба эксцентриковая; 6 – шатун; 7 – вал; 8 – вариатор; 9 – электродвигатель; 10 – бункер; 11 – решетка; 12, 13 – лотки; 14 – очиститель шариковый; 15 – диск угла поворота эксцентриковой шайбы; б) - общий вид

Для определения угла поворота эксцентриковой шайбы в поле зрения прозрачной боковой стенки помещен диск 15, соединенный с валом 7 цепной передачей.

На сепараторе осуществляется независимое регулирование следующих параметров: частоты колебаний – вариатором привода; амплитуды колебаний – заменой эксцентриковых шайб с разным эксцентриситетом; угла наклона решетки к горизонту – изменением длины подвесок; угла направленности колебаний – изменением положения эксцентрикового вала на раме сепаратора; удельной загрузки решетки – открытием заслонки бункера.

Для исследований изготовлен специальный датчик (рис. 2). С целью максимального приближения к реальной ситуации обе стороны круглой пластины обклеены частями зерен кукурузы (рис. 2, а).

Сама пластина жестко закреплена к консольной балочке, устанавливаемой на решетчатом стане. Датчик вводится в ЗС через боковую прозрачную стенку так, чтобы круглая пластина была параллельна поверхности решетки. При движении ЗС датчик

отклоняется от положения равновесия под действием касательного усилия на его поверхность и соударений зерен в торец. Чтобы определить касательное усилие необходимо вычесть из общего усилия силовое воздействие от соударений зерен в торец датчика. Для этого, вместо круглой пластины, к консольной балочке крепили согнутую в форме полукруга проволоку. Диаметр этой проволоки равен толщине пластины с наклеенными зернами. Диаметр полукруга равен диаметру круглой пластины (рис. 2, б). Отклонение такого датчика от положения равновесия происходит только за счет соударений зерен в его торец.



а)



б)

Рис. 2. Датчик, используемый для исследования вибровязкости ЗС: а) - для определения усилия в смеси; б) - для определения усилия соударений зерен в торец датчика

Усилие отклонения датчика определяли с помощью тензометрирования. Электрическая схема устройства для определения касательного усилия представлена на рис. 3, а. Для этого на боковых поверхностях консольной балочки, у ее заземления (в местах наибольших деформаций), наклеены тензорезисторы и включены в мостовую схему. При колебаниях датчика происходит деформация консольной балочки, вызывающая деформацию проволочной решетки тензорезисторов. В результате этого изменяются ее геометрические размеры и сопротивление. К измерительной мостовой схеме подается напряжение. При изменении сопротивления тензорезистора на выходе мостовой схемы возникают амплитудно-модулированные колебания, где несущая частота промодулирована частотой измеряемого процесса. Амплитудно-модулированные колебания с выхода моста подаются на USB-осциллограф «IRIS» (рис. 3, б), который имеет следующие характеристики: частота дискретизации до 200 КГц, входное напряжение от -20 до +20 В, разрядность АЦП 10 бит, максимальное

время записи 24 часа (при $F_d < 100$ Гц) [8]. После преобразования цифровой сигнал поступает на компьютер, где обрабатывается при помощи программы «Iris Waveware 2.6.1». По полученным данным, используя компьютерные программы «Excel» и «MathLab», определяли усилие отклонения датчика. Тензометрирование касательного усилия в слое при сепарировании ЗС кукурузы на плоских решетках представлено на рис. 4.

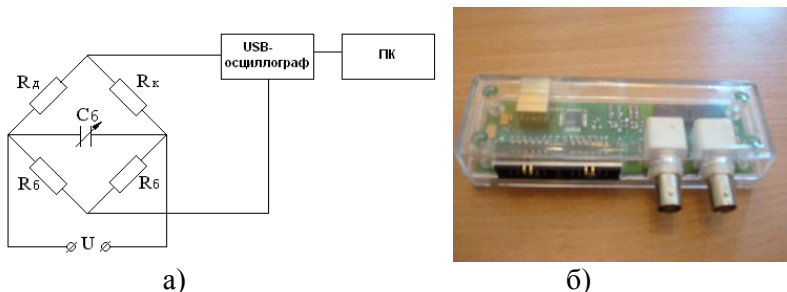


Рис. 3. а) - электрическая схема устройства для определения усилия в слое ЗС; б) - общий вид USB-осциллографа «IRIS»



Рис. 4. Тензометрирование сдвигового усилия в слое при сепарировании ЗС кукурузы на плоском решетке

Скорости перемещения элементарных слоев смеси определялись с помощью видеосъемки процесса через прозрачную боковую стенку. Для этого в зерновую смесь, на различной глубине, вводили окрашенные частицы. Расстояния, проходимые этими частицами, определяли по координатной сетке нанесенной на прозрачную стенку, а время – по частоте смены кадров в минуту. По известным расстоянию и времени вычисляли скорости элементарных слоев.

Предположив, что движение слоя по вибрирующему решетку аналогично плоскопараллельному движению вязкой жидкости, по гипотезе Ньютона для вязких напряжений имеем:

$$\tau_{\theta} = \mu \frac{\partial v}{\partial h}, \quad (1)$$

где τ_{θ} – касательное напряжение вязкого трения; h – глубина слоя, отсчитываемая от свободной поверхности; v – скорость зерновой смеси на заданной глубине h , определяемая с помощью видеосъемки.

Отсюда коэффициент вязкости среды:

$$\mu = \frac{\tau_{\theta} \partial h}{\partial v}. \quad (2)$$

Касательное напряжение вязкого трения определяется экспериментально:

$$\tau_{\theta} = \frac{P_{\text{вяз.тр}}}{2S_{\text{дат}}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{вяз.тр}}$ – касательное усилие вязкого трения в слое смеси, измеряемое датчиком; $S_{\text{дат}}$ – площадь круглой пластины датчика.

Касательное усилие вязкого трения определяется:

$$P_{\text{вяз.тр}} = P_{\text{общ}} - P_{\text{соудар}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{общ}}$ – общее усилие отклонения датчика, вызванное трением о его поверхность и соударениями зерен в торец; $P_{\text{соудар}}$ – усилие отклонения датчика, вызванное только соударениями зерен в торец.

Величину касательного усилия в слое определяли с помощью USB-осциллографа «IRIS» и обрабатывали на компьютере с помощью программы «Iris Waveware 2.6.1». При этом учитывалась разность усилий отклонения датчика при колебаниях решета под загрузкой слоем ЗС и без загрузки (на холостом ходу).

Результаты испытаний и их анализ. При экспериментальных исследованиях определены зависимости вибровязкости ЗС от высоты слоя и толщины частиц при сепарировании с различной загрузкой (продовольственное зерно, зерновой ворох). Разработанные решета работали при паспортных кинематических режимах, оптимальных для просеивания: 1 – $A^* = 0,008$ м, $\omega = 75,9$ с⁻¹; 2 – $A^* = 0,006$ м, $\omega = 96,9$ с⁻¹. Размеры частиц характеризуются эффективным радиусом, зависящим от сорта кукурузы:

$$r_0 = \frac{1}{2} \sqrt[3]{abc} \quad (5)$$

где a, b, c – соответственно приведенные длина, ширина и толщина зернин кукурузы

На рис. 5, 6 представлены результаты экспериментальных

исследований в виде зависимостей вибровязкости ЗС кукурузы от размеров частицы (толщины) и высоты слоя.

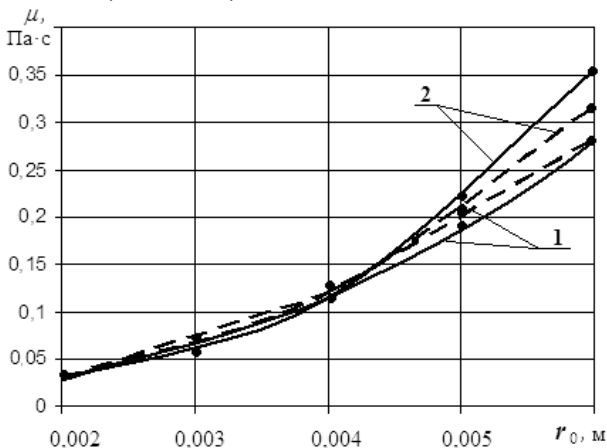


Рис. 5. Зависимости вибровязкости зерновой смеси кукурузы от эффективного радиуса частиц: 1 – при сепарировании продовольственного зерна; 2 – зернового вороха; — — — — — $A^* = 0,008 \text{ м}$, $\omega = 75,9 \text{ с}^{-1}$; - - - - - $A^* = 0,006 \text{ м}$, $\omega = 96,9 \text{ с}^{-1}$

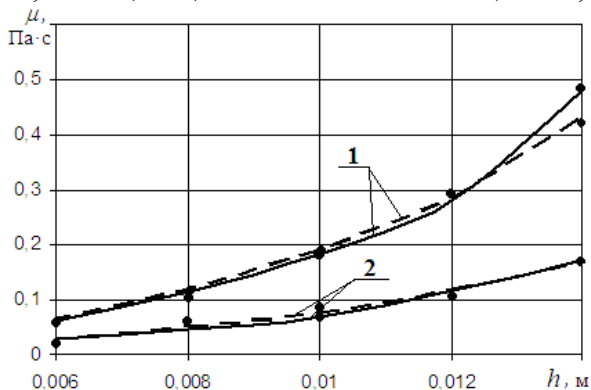


Рис. 6. Зависимости вибровязкости зерновой смеси кукурузы от высоты слоя: 1 – при сепарировании продовольственного зерна; 2 – зернового вороха; — — — — — $A^* = 0,008 \text{ м}$, $\omega = 75,9 \text{ с}^{-1}$; - - - - - $A^* = 0,006 \text{ м}$, $\omega = 96,9 \text{ с}^{-1}$

Как видно из рис. 5, вибровязкость ЗС повышается в 8,2...10

раз с увеличением размеров частиц, в диапазоне характерном для распространенных сортов кукурузы ($r_0=2\dots 6$ мм) [9]. Это объясняется повышением касательного усилия из-за увеличения массы частиц. Изменение режима работы решета, при сепарировании частиц радиусом до 4 мм, на значения вибровязкости ЗС влияет незначительно (до 2%). Последующее увеличение размеров семян ведет к увеличению вибровязкости в зависимости от режима работы до 10%, от загрузки решета – до 20%.

Анализом зависимостей (рис. 6) установлено, что вибровязкость с увеличением высоты слоя, в исследуемом диапазоне, повышается в 9...16 раз, в зависимости от загрузки решета. При этом изменение режима работы решета на значения вибровязкости ЗС также влияет незначительно. Повышение вибровязкости ЗС при сепарировании продовольственного зерна поясняется увеличением касательного усилия трения из-за большей массы ЗС.

Выводы. Таким образом, применением метода тензометрирования со специальными датчиками определены значения вибровязкости ЗС кукурузы $\mu = 0,02\dots 0,5$ Па·с при сепарировании продовольственного зерна и зернового вороха разработанными решетами. Эти значения позволяют более точно описать процесс сепарирования ЗС кукурузы.

Список литературы

1. Деклараційний патент на корисну модель № 35148, Україна, МПК (2006) В07В 1/28, Бюл. № 17, 10.09.2008.
2. Деклараційний патент на корисну модель № 35149, Україна, МПК (2006) В07В 1/18, Бюл. № 17, 10.09.2008.
3. Тищенко Л.Н., Абдуева Ф.М., Ольшанский В.П. К расчету вязкости псевдооживленной сыпучей зерновой смеси при виброцентробежном сепарировании // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 58. – С. 44-51.
4. Тищенко Л.Н., Абдуева Ф.М., Ольшанский В.П. Сравнение двух способов вычисления коэффициента вибровязкости псевдооживленной зерновой смеси при виброцентробежном сепарировании // Вібрації в техніці та технологіях. – 2008. №1 (50). – С. 96-100.
5. Тищенко Л.Н., Абдуева Ф.М., Ольшанский В.П. К исследованию движения зерновой смеси по модернизированным

решетам виброцентробежного сепаратора при малой загрузке // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. Серія: технічні науки, № 87. – Луганськ: ЛНАУ, 2008. – С. 366-373.

6. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна. – Харьков: Основа, 2004. – 224 с.

7. Тищенко Л.М., Харченко С.О., Бредіхін В.В., Півень М.В., Абдусва Ф.М. Експериментальні дослідження динамічного коефіцієнта в'язкості запиленого повітряного потоку вібровідцентрових зернових сепараторів // Механізація с.г. виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Вип. 75. – С. 66-72.

8. USB-осциллограф IRIS [Электронный ресурс] / ООО «Видео Интернет Технологии». – Режим доступа: <http://www.ipribor.ru/content/view/16/46/lang.ru/> свободный. – Загл. с экрана.

9. ДСТУ 2240-93. Семена сельскохозяйственных культур. Сортвые и посевные качества. Технические условия.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОВ'ЯЗКОСТІ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ КУКУРУДЗИ

У статті методом тензометрування експериментально визначені значення вібров'язкості зернової суміші кукурудзи при сепаруванні на розроблених решетах. Встановлені залежності вібров'язкості від товщини шару, фізико-механічних властивостей суміші, завантаження і режиму роботи решета.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF VIBRO-VISCIDITY OF GRAIN MIXTURE OF CORN

In the article by the method of tenzometration experimentally defined values of vibro-viscosity of grain mixture of corn during separation on the developed sieves. Established depending of vibro-viscosity on the thickness of the layer, physical and mechanical properties of the mixture, loading and mode of sieve