

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 631.363.2:534.111
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-237-7-62-70

А.В. Алешкин, Ф.А. Киприянов, П.А. Савиных
A.V. Aleshkin, F.A. Kipriyanov, P.A. Savinykh

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВКИ ПО НАКЛОННОЙ ВИБРИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МИКРОНИЗАЦИИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

EXPERIMENTAL AND MATHEMATICAL RESEARCH OF KERNEL MOTION ON AN INCLINED VIBRATION PLANE AT FODDER GRAIN MICRONIZATION

Ключевые слова: фуражное зерно, микронизация, вибрация, траектория движения зерновки, движение, зерновка, зерновой материал, инфракрасное излучение.

Эффективность процесса микронизации с помощью инфракрасного излучения определяется не только видом источника излучения и его положением относительно транспортирующей поверхности, но и способностью транспортирующей поверхности обеспечивать равномерное перемещение зернового материала. При проведении исследований во время разработки установки для микронизации выявлено смещение зернового материала к периферии при движении по плоской вибрирующей поверхности, что значительно затрудняет процесс микронизации фуражного зерна. Дополнительные исследования траектории движения единичной зерновки подтвердили выявленную особенность. Причиной смещения зерновок является составляющая сила тяжести при изменении угла наклона поверхности. В то же время конструктивные решения, предлагаемые в установке для микронизации и способствующие луч-

шему формированию псевдооживленного слоя, создают поворотные-колебательные движения в плоскости поперечного сечения, что добавляет дополнительно действующую на зерновку силу Кориолиса, оказывающую влияние на характер смещения зерновки. Для устранения смещения зерна к периферии в конструкции установки для микронизации фуражного зерна предложено изменить кривизну транспортирующей поверхности. Для автоматизации процессов расчета и моделирования траектории движения зерновки по наклонной поверхности на языке Visual C# разработана специализированная программа, позволяющая смоделировать траекторию движения по заданным параметрам. В результате моделирования установлено, что при движении зерновки по наклонной поверхности, радиус которой составляет 0,155 м, периферийное смещение отсутствует, а зерновка помимо продольных движений по поверхности транспортера совершает поперечные движения. Экспериментальная проверка результатов математического моделирования показала справедливость расчетов. В то же время исследование движения зерновок в зерновом слое показало, что зерновки пе-

ремещаются в поперечном направлении. Применительно к установке для микронизации фуражного зерна это означает, что зерновка за счет поперечного движения по поверхности транспортера пересекает зоны с различной интенсивностью инфракрасного излучения, что позволит обеспечить равномерные условия нагрева для всех зерновок в движущемся зерновом слое.

Keywords: *fodder grain, micronization, vibration, kernel motion trajectory, motion, kernel, grain material, infrared radiation.*

The efficiency of the micronization process by means of infrared radiation is determined not only by the type of a radiation source and its location relative to a transporting surface but also by the ability of the transporting surface to provide the equable movement of grain material. During the development of a micronization unit, grain material shifting to the periphery by the motion on a flat vibrating plane was revealed. This makes fodder grain micronization more difficult. The additional studies of a single kernel motion trajectory proved the revealed peculiarity. The cause of grain shifting is the component of gravity by the change of the surface inclination angle. At the same time, the proposed design solutions for the micronization unit and im-

proving the formation of fluidized bed create turning-vibrational motions in a cross-sectional plane. This gives additional Coriolis force influencing the kernel and making an impact on the kernel shifting pattern. To eliminate grain shifting to the periphery it is proposed to change the flexion of the transporting surface in the design of grain micronization unit. For automation of calculation processes and simulation of kernel motion trajectory on an inclined plane, a special program was developed using the language Visual C# which allowed simulating the motion trajectory according to the given parameters. The simulation has revealed that by kernel movement on an inclined plane, which radius makes 0.155 m, the peripheral shifting is absent and a kernel along with longitudinal movements on the transporting surface makes also transverse ones. Experimental verification of the mathematical modeling results has shown the validity of the calculations. At the same time, the study of kernel motion in a grain layer has shown kernels moving in transverse direction. In relation to the fodder grain micronization unit, it means that kernels due to the transverse motion on the transporting surface cross the zones with different intensity of infrared radiation which allows proving the equal heating conditions for all kernels in a moving grain layer.

Алешкин Алексей Владимирович, д.т.н., профессор, Вятский государственный университет, г. Киров, Российская Федерация, e-mail: usr00008@vyatsu.ru.

Киприянов Федор Александрович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», г. Вологда, Российская Федерация, e-mail: kipriyanovfa@bk.ru.

Савиных Петр Алексеевич, д.т.н., профессор, гл. науч. сотр., ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация, e-mail: peter.savinyh@mail.ru.

Aleshkin Aleksey Vladimirovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Vyatka State University, Kirov, Russian Federation, e-mail: usr00008@vyatsu.ru.

Kipriyanov Fedor Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russian Federation, e-mail: kipriyanovfa@bk.ru.

Savinykh Petr Alekseevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chief Researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N.V. Rudnitskiy, Kirov, Russian Federation, e-mail: peter.savinyh@mail.ru.

Введение

Микронизация фуражного зерна является одним из способов его подготовки к скармливанию сельскохозяйственным животным. При микронизации происходит изменение внутреннего строения зерновки, что положительным образом влияет на усвояемость зернового корма и энергетику его измельчения [1-4]. Наиболее распространенной на данный момент является использование инфракрасного (ИК) излучения для нагрева зерна. Однако источники ИК излучения обладают некоторым техническим недостатком, а именно, зонами с более низкой температурой нагрева. В ламповых источниках нагрева это участки ламп близкие к контактам, в керамических и панельных газовых нагревателях это зоны близкие к боковой поверхности нагревателя.

Кроме этого оказывает влияние и характер расположения источника нагрева. В частности, ламповые нагреватели могут быть расположены как вдоль движения зернового слоя, так и поперек [3, 4]. При продольном расположении источника ИК нагрева есть неоспоримое преимущество перед поперечным расположением, это более гибкие конструктивные решения по изменению производительности установок для микронизации. Однако при продольном расположении возникает необходимость равномерного нагрева всего зернового слоя, и при проектировании установок для микронизации необходимо обеспечить данное условие. Вибрационный транспортер, используемый для движения зерновок при ИК микронизации, не только обеспечивает транспортировку зерна, но и создаёт

псевдооживленный слой, способствующий повышению эффективности обработки [5-7]. Однако существующие технические решения требуют доработки в части обеспечения равномерности нагрева.

Цель – обоснование и экспериментальная апробация модели движения зерновки по вогнутой наклонной вибрирующей поверхности.

Задачи исследования включают в себя выявление особенностей вибрационного транспортирования зерна, поиск решения и составление математической модели, описывающей движение, оценку применимости полученного решения в условиях движения зерновки по вогнутой наклонной вибрирующей поверхности при микронизации фуражного зерна.

Объекты и методы

Исследования проводились на установке для микронизации фуражного зерна (рис. 1). Угол наклона транспортера к горизонтали осуществляется поворотом рамы 5, относительно неподвижной рамы 6, с фиксацией положения поворотной рамы 5 с помощью фиксатора угла поворота 7. Вибрационные колебания желоба установки, создаваемые электродвигателем с эксцентриками 3 и 4 соответственно, являются движущей силой, обеспечивающей перемещение зерна по поверхности желоба. Конструкцией установки для микронизации предусмотрено изменение угла направления колебаний в диапазоне от 10° до 40° , с возможностью изменения угла наклона желоба транспортера в диапазоне от 0° до 15° .

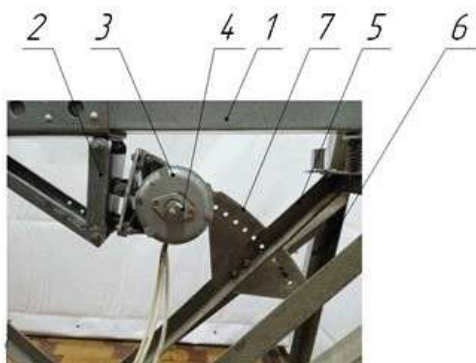


Рис. 1. Вибрационный привод установки для микронизации фуражного зерна:

- 1 – желоб транспортера;
- 2 – механизм изменения угла направления колебаний;
- 3 – электродвигатель;
- 4 – эксцентрик;
- 5 – поворотная рама;
- 6 – неподвижная рама;
- 7 – фиксатор угла поворота

Написание имитационной модели движения зернового материала и программы для расчета основных параметров выполнено на языке программирования Visual C#.

Экспериментальная часть

В результате работ по подготовке установки для микронизации фуражного зерна выявлена особенность, затрудняющая проведение дальнейших исследований по микронизации. При движении зерновок по наклонной вибрирующей поверхности наблюдается их смещение в периферии, причем смещение имеет криволинейный характер, сходный с ветвями параболы (рис. 2). Смещение зерновок к стенкам транспортера делает невозможным использование инфракрасного излучения в качестве источника тепла при микронизации фуражного зерна.

Для более подробного изучения выявленного нежелательного смещения зерновок, находящихся в слое к периферии (рис. 2), проведено исследование траектории движения единичной зерновки, старт движения которой начался с центра желоба транспортера. В результате видеосъемки и покадровой фиксации положения зерновки на поверхности транспортера получена траектория движения зерновки (рис. 3).



Рис. 2. Смещение зерновок к периферии

Согласно полученной траектории, зерновка от центра поверхности начинает движение к периферии, при этом поступательное движение зерновки характеризуется поворотно колебательными движениями с отрывом от поверхности, что при движении слоя зернового материала

ла сформирует псевдооживленный слой. При столкновении зерновки с боковой поверхностью происходит ее кратковременное смещение к центру за счет отскока от стенки, однако в даль-

нейшем зерновка вновь смещается к периферии. Соударение с боковой поверхностью продолжается на всем пути движения зерновки.



Рис. 3. Траектория движения зерновки

Выявленное смещение зерновки к периферии и характер движения зерновок вдоль боковой поверхности транспортера сводятся к решению возмущенной задачи Н.Е. Жуковского, описывающей характер движения зерновки [8-14]. В трудах ученых Алтайского ГАУ представлена графическая модель движения зерновки к периферии наклонной вибрирующей поверхности [9-12].

Основной причиной, вызывающей смещение частицы к боковой поверхности, по мнению исследователей, выступает сила тяжести, формирующая при наклоне вибрирующей поверхности не только основную прямолинейную составляющую движения T , но и создающее спиралевидное смещение частицы V в сторону относительно направления основного движения (рис. 4) [9-12].

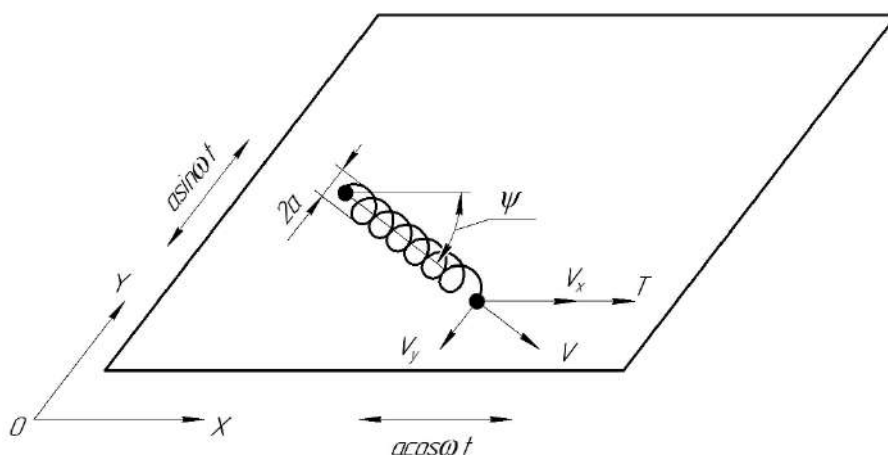


Рис. 4. Смещение частицы при вибрации (по Д.Н. Пирожкову)

Объясненное, в отмеченных работах Д.Н. Пирожкова и др., спиралевидное смещение частицы играет положительную роль применительно к процессу микронизации. Спиралевид-

ные колебания единичной зерновки способствуют ее лучшему всестороннему прогреву, компенсируя неравномерность инфракрасного излучения при движении зерновки во время

микронизации. Кроме этого само смещение зерновки, на первый взгляд являющееся крайне нежелательным, также позволяет повысить равномерность обработки зернового слоя за счет того, что зерновки пересекают зоны с различной тепловой интенсивностью, что способствует более равномерному нагреву зерновок в обрабатываемом слое.

Однако в отмеченных работах происходит плоскопараллельное колебание поверхности, что и обуславливает прямолинейное смещение зерновки (рис. 4), в то время как в разработанной установке за счет эксцентриков, расположенных в противофазе один относительно другого, создаются поворотно-колебательные движения желоба в плоскости поперечного сечения. Поворотно-колебательные движения поверхности желоба транспортера создают для зерновки, находящейся на его поверхности, условия движения похожи с движением по вращающейся поверхности, что, как известно, добавляет еще одну силу – силу Кориолиса, действующую на движущееся тело по вращающейся поверхности.

Для препятствия смещения зерновки к периферии принято решение о придании кривизны поверхности. Транспортирующая поверхность совершает поступательные колебания вдоль неподвижных осей x_1, z_1 . Платформа электродвигателя вибратора подпружинена и прикреплена к механизму изменения угла направления колебаний на оси (рис. 1), что способствует формированию вращательных колебаний вокруг оси x , параллельной оси цилиндра (рис. 5).

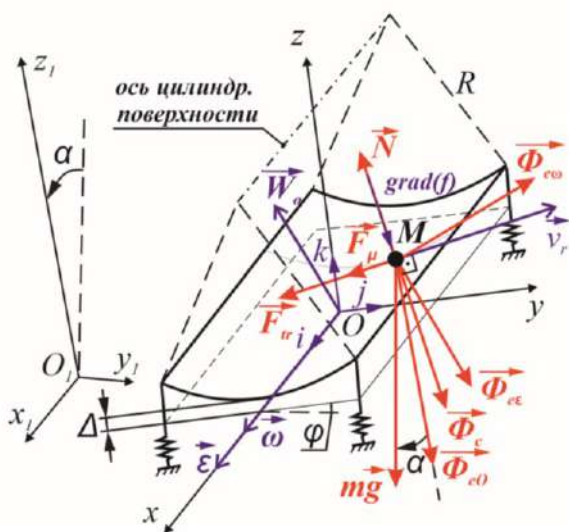


Рис. 5. Силы, действующие на частицу в относительном движении

Согласно предложенной схеме колебаний транспортирующей поверхности (рис. 5), перемещение частицы по транспортирующей поверхности разбито на две составляющие и описывается двумя дифференциальными уравнениями относительного движения:

$$m\vec{W}_r = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{tr} + \vec{\Phi}_\epsilon + \vec{\Phi}_c + \vec{F}_\mu; \quad (1)$$

$$m\vec{W}_r = m\vec{g} + \vec{\Phi}_\epsilon + \vec{\Phi}_c + \vec{F}_\mu, \quad (2)$$

где m – масса частицы;

- \vec{W}_r – относительное ускорение;
- \vec{g} – ускорение свободного падения;
- \vec{N} – нормальная реакция поверхности;
- \vec{F}_{tr} – сила сухого трения скольжения;
- $\vec{\Phi}_\epsilon$ – переносная сила инерции;
- $\vec{\Phi}_c$ – кориолисова сила инерции;
- \vec{F}_μ – сила сопротивления относительному движению со стороны соседних частиц.

Уравнение (1) описывает движение частицы по транспортирующей поверхности, а уравнение (2) – движения частицы после отрыва от поверхности.

Подробное решение уравнений движения зерновки по вогнутой вибрирующей поверхности представлено в работе А.В. Алешкина, на основании которых составлена программа [15]. Разработанная программа позволяет оценивать траектории движения частиц с целью выявления режимов транспортирования, обеспечивающих равномерное пребывание частиц по ширине желоба y при их продольном перемещении. При частоте вращения эксцентрикового вала 2990 мин.^{-1} и радиусе желоба $0,155 \text{ м}$ смоделирована траектория движения в плоскости $x y$ (рис. 6).

Согласно математическим расчетам, зерновка при поступательных движениях вдоль оси x совершает движения и по оси y , пересекая нулевую линию (рис. 6). Применительно к установке для микронизации фуражного зерна это означает, что зерновка за счет поперечного движения по поверхности транспортера пересекает зоны с различной интенсивностью инфракрасного излучения. Перемещение зерновок в поперечном направлении позволит обеспечить равномерные условия нагрева для всех зерновок в движущемся зерновом слое.

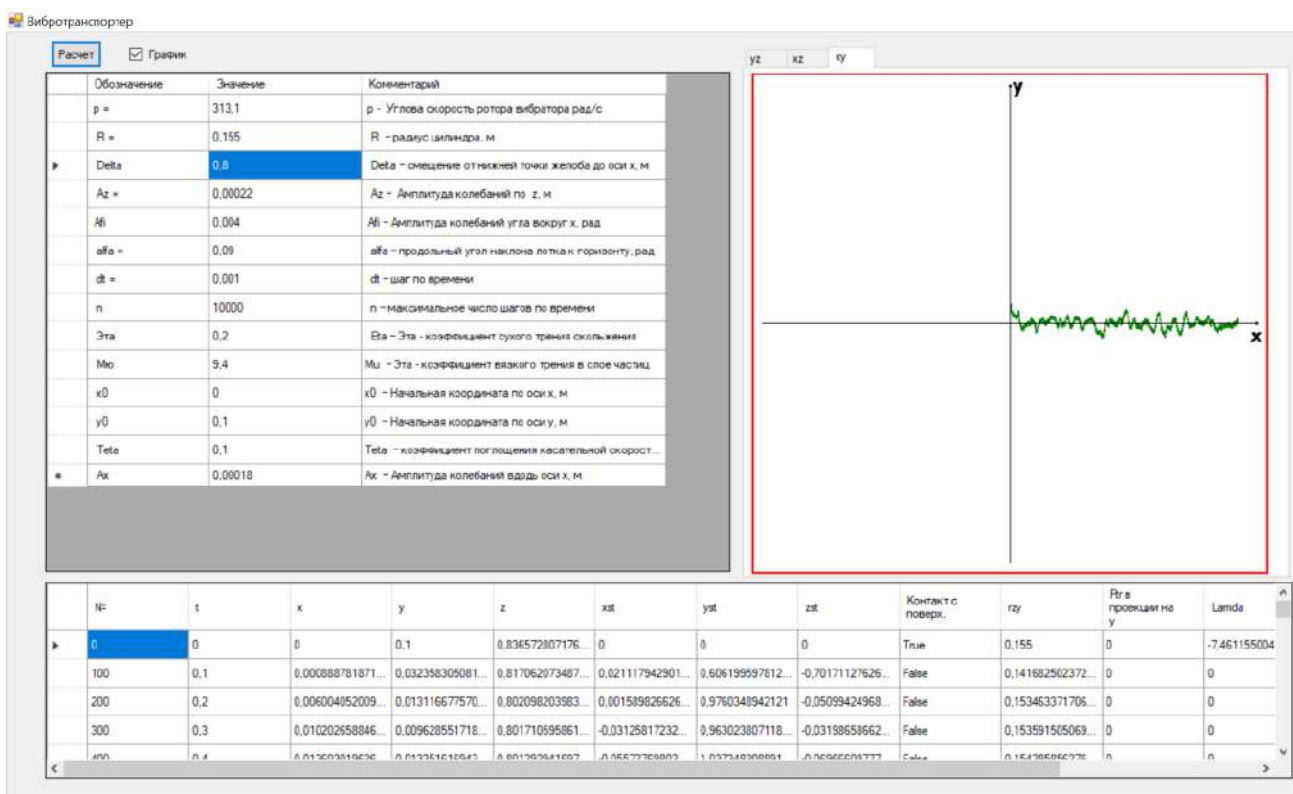


Рис. 6. Фрагмент окна программы с траекторией зерновки в плоскости xu

Результаты исследований и их обсуждение

Для экспериментальной апробации математических расчетов получена траектория движения зерновки по вогнутой наклонной вибрирующей поверхности (рис. 7). Эксперимент выявил поперечные движения зерновки по поверхности, но в то же время выявлено несоответствие продольной оси желоба относительно оси его колебаний на угол α .

После выравнивания положения желоба получили продольно-поперечное движение зерновки по наклонной вибрирующей поверхности относительно продольной оси колебаний желоба. Причем, после совмещения оси колебаний и оси желоба зерновка была запущена от боковой поверхности желоба транспортера, после чего

она пересекала ось x , продолжая при этом продольное перемещение (рис. 8).

Для экспериментального исследования возможности поперечного перемещения зерновок при движении зернового слоя проведены исследования с целью выявления возможности поперечного движения зерновок в слое и, соответственно, потенциальной возможности равномерного ИК облучения. По условиям эксперимента зерновки окрашивались в разные цвета и располагались в разных зонах зернового слоя (рис. 9а), после запуска вибротранспортера и начала движения зерновок велась видеофиксация с целью выявления поперечного смещения зерновок (рис. 9б).

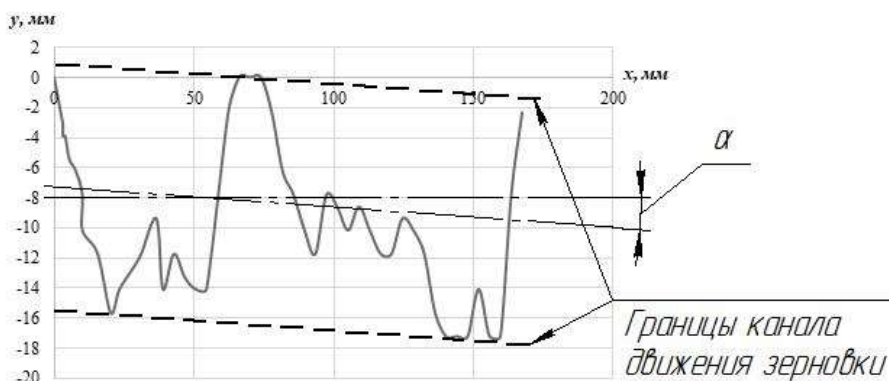


Рис. 7. Траектория движения зерновки от центра желоба (с несопадающими осями)

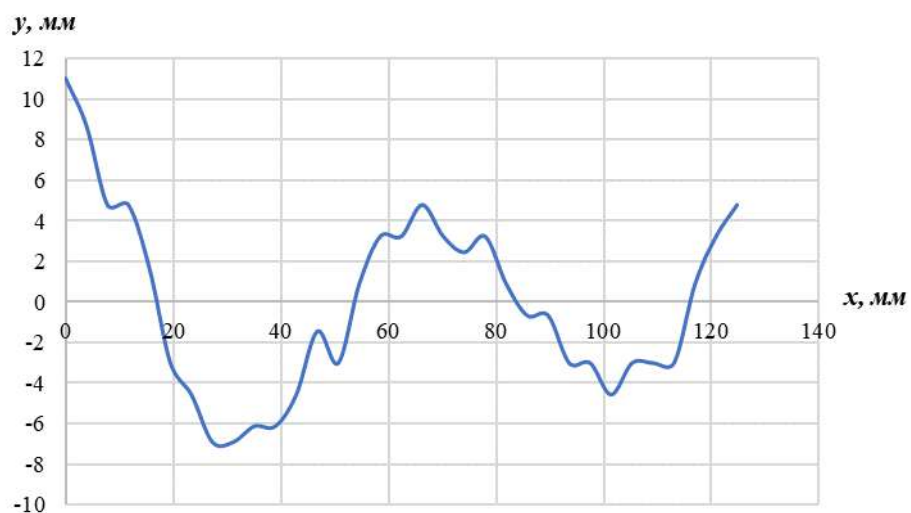


Рис. 8. Траектория движения зерновки от боковой поверхности (с совпадающими осями)

В ходе видеозаписи выявлено, что зерновки, изначально расположенные в разных частях зернового слоя (рис. 9а), перемещались в поперечном направлении (рис. 9б), при отсутствии сме-

щения зерновок к периферии, что подтверждает математически смоделированную траекторию движения зерновки.



а



б

Рис. 9. Оценка поперечного смещения зерновок при движении по вогнутой поверхности: а – исходное положение; б – положение при движении

Заключение

В результате исследований установлено, что вогнутость поверхности вибротранспортера, по которой движутся зерновки, позволяет устранить их смещение к периферии. Эксцентриковый механизм вибротранспортера и пружинная подвеска способствуют формированию поворотно-колебательных движений транспортирующей поверхности. Поворотно-колебательные движения транспортирующей поверхности в свою очередь создают условия для поперечного движения зерновок, необходимого для равномерного нагрева зернового слоя инфракрасным излучением, что тем самым повысит эффективность процесса микронизации.

Библиографический список

1. Zarkadas, L. & Wiseman, J. (2002). Influence of micronization temperature and pre-conditioning on performance and digestibility in pigs fed barley-based diets. *Animal Feed Science and Technology*. 95. 73-82. DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00295-4.
2. Zarkadas, L. & Wiseman, J. (2001). Influence of processing variables during micronization of wheat on starch structure and subsequent performance and digestibility in weaned piglets fed wheat-based diets. *Animal Feed Science and Technology*. 93. 93-107. DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00266-8.
3. Зверев С. В. Техника и технология инфракрасного нагрева в зернопереработке / С. В. Зверев. – Текст: непосредственный // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2015. – № 1. – С. 189-192.
4. Зверев, С. В. Высокотемпературная микронизация в производстве зернопродуктов / С. В. Зверев. – Москва: ДеЛи принт, 2009. – 222 с. – Текст: непосредственный.
5. Chandravanshi, M.L., & Mukhopadhyay, A.K. (2017). Dynamic analysis of vibratory feeder and their effect on feed particle speed on conveying surface. *Measurement*, 101, 145-156.
6. Gary P. Maul, M. Brian Thomas. (1997). A systems model and simulation of the vibratory bowl feeder. *Journal of Manufacturing Systems*, V. 16 (5): 309-314.
7. Chandravanshi, M. & Mukhopadhyay, A.K. (2015). Experimental modal analysis of the vibratory feeder and its structural elements. *Int. J. Appl. Eng. Res.* 10. 33303-33310.

8. Нагаев, Р. Ф. Периодические режимы вибрационного перемещения. – Москва: Наука, 1978. – 160 с. – Текст: непосредственный.

9. Федоренко, И. Я. Вибрируемый зернистый слой в сельскохозяйственной технологии: монография / И. Я. Федоренко, Д. Н. Пирожков. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – 166 с. – Текст: непосредственный.

10. Пирожков, Д. Н. Обоснование конструктивно-технологических параметров шнекового смесителя непрерывного действия для сухих сыпучих ингредиентов комбикормов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пирожков Дмитрий Николаевич. – Барнаул, 1999. – 161 с. – Текст: непосредственный.

11. Федоренко, И. Я. Критерии подобия гидродинамических моделей виброкипящего слоя сыпучего материала / И. Я. Федоренко, Д. Н. Пирожков. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2005. – № 1. – С. 105-108.

12. Федоренко, И. Я. Движение частицы сыпучего материала под воздействием вибраций / И. Я. Федоренко, Д. Н. Пирожков. – Текст: непосредственный // Труды XXXII Уральского семинара «Механика и процессы управления». – Екатеринбург, 2002. – С. 212 -214.

13. Федоренко, И. Я. Моделирование вибрационных процессов и устройств АПК: лабораторный практикум для студентов и аспирантов вузов / И. Я. Федоренко. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. – 147 с. – Текст: непосредственный.

14. Блехман, И. И. Вибротранспортирование тел по непоступательно вибрирующей поверхности / И. И. Блехман, В. Б. Васильков, Ю. А. Семенов. – Текст: непосредственный // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2020. – № 4. – С. 11-18.

15. Влияние на траекторию движения частицы геометрических и кинематических режимов работы вибрационного транспортера / П. А. Савиных, А. В. Алешкин, А. Ю. Исупов [и др.]. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-9-7-19. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 9 (136). – С. 7-19.

References

1. Zarkadas, L. & Wiseman, J. (2002). Influence of micronization temperature and pre-conditioning on performance and digestibility in pigs fed barley-based diets. *Animal Feed Science and Technology*. 95. 73-82. DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00295-4.

2. Zarkadas, L. & Wiseman, J. (2001). Influence of processing variables during micronization of wheat on starch structure and subsequent performance and digestibility in weaned piglets fed wheat-based diets. *Animal Feed Science and Technology*. 93. 93-107. DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00266-8.
3. Zverev S.V. Tekhnika i tekhnologija infrakrasnogo nagreva v zernopererabotke // Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaja konferentsiia, posviashchennaia pamiati Vasiliia Matveevicha Gorbatova. 2015. No. 1. S. 189-192.
4. Zverev, S.V. Vysokotemperaturnaia mikronizatsiia v proizvodstve zernoproduktov / S.V. Zverev. – Moskva: DeLi print, 2009. – 222 s.
5. Chandravanshi, M.L., & Mukhopadhyay, A.K. (2017). Dynamic analysis of vibratory feeder and their effect on feed particle speed on conveying surface. *Measurement*, 101, 145-156.
6. Gary P. Maul, M. Brian Thomas. (1997). A systems model and simulation of the vibratory bowl feeder. *Journal of Manufacturing Systems*, V. 16 (5): 309-314.
7. Chandravanshi, M. & Mukhopadhyay, A.K. (2015). Experimental modal analysis of the vibratory feeder and its structural elements. *Int. J. Appl. Eng. Res.* 10. 33303-33310.
8. Nagaev R.F. Periodicheskie rezhimy vibratsionnogo peremeshcheniia. – Moskva: Nauka, 1978. 160 s.
9. Fedorenko I.Ia., Pirozhkov D.N. Vibriruemyi zernistyĭ sloi v selskokhoziaistvennoi tekhnologii: monografiia. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2006. – 166 s.
10. Pirozhkov D.N. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov shnekovogo smesitelia nepreryvnogo deistviia dlia sukhikh sypuchikh ingredientov kombikormov: diss.. kand. tekhn. nauk. – Barnaul, 1999. – 161 s.
11. Fedorenko I.Ia. Kriterii podobiia gidrodinamicheskikh modelei vibrokipiashchego sloia sypuchego materiala / I.Ia. Fedorenko, D.N. Pirozhkov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2005. – No. 1. – S. 105-108.
12. Fedorenko I.Ia., Pirozhkov D.N. Dvizhenie chastitsy sypuchego materiala pod vozdeistviem vibratsii // Tr. XXXII Uralskogo seminar "Mekhanika i protsessy upravleniia". – Ekaterinburg, 2002. – S. 212 -214.
13. Fedorenko, I.Ia. Modelirovanie vibratsionnykh protsessov i ustroystv APK: Laboratornyi praktikum dlia studentov i aspirantov vuzov / I.Ia. Fedorenko. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2020. – 147 s.
14. Blekhan I.I., Vasilkov V.B., Semenov Iu.A. Vibrotransportirovanie tel po nepostupatelno vibriruiushchei poverkhnosti // Problemy mashinostroeniia i nadezhnosti mashin. 2020. No. 4. S. 11-18.
15. Vliianie na traektoriiu dvizheniia chastitsy geometricheskikh i kinematicheskikh rezhimov raboty vibratsionnogo transportera / P.A. Savinykh, A.V. Aleshkin, A.Iu. Isupov [i dr.] // Vestnik NGIEI. – 2022. – No. 9 (136). – S. 7-19. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-9-7-19.



УДК 620.179.16:677.31
DOI: 10.53083/1996-4277-2024-237-7-70-77

Ц.И. Калинин, Р.А. Куницын, В.А. Осипов
Ts.I. Kalinin, R.A. Kunitsyn, V.A. Osipov

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО УСТРОЙСТВА
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЛОКНИСТЫХ ПРОДУКТОВ
ДЛЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПЕРЕРАБОТКИ
ВОЛОКОННОГО СЫРЬЯ РОССИЙСКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**SUBSTANTIATION OF USING A HIGH-PRECISION ULTRASONIC DEVICE FOR AUTOMATED CONTROL
OF THE PARAMETERS OF FIBROUS PRODUCTS FOR POSSIBLE USE IN ENTERPRISES PROCESSING
FIBER RAW MATERIALS OF THE RUSSIAN AGRICULTURAL PRODUCTION**

Ключевые слова: волокнистые материалы, продукты прядения, линейная плотность, неровнота, крепость и разрывность нити.

Keywords: fibrous materials, spun products, linear density, unevenness, thread strength and discontinuity.