

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.362.322

**А.В. Зильбернагель,
У.К. Сабиев**

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕЁ С КРОМКАМИ ПРОДОЛГОВАТОГО ОТВЕРСТИЯ РЕШЕТА

Ключевые слова: решето, зерно, очистка, сепарация, сортирование, вероятность, угол, расположение отверстий, колебание, перемычка.

Постановка вопроса

Стандартное решето имеет продолговатые отверстия, расположенные длинной стороной по направлению продольной оси решета, которая совпадает с направлением движения зернового потока.

Поступая на решето, частицы зернового вороха располагаются на нем случайным образом. Причем возможны две ситуации. Первая – когда зерновка попадает на площадь отверстия, тогда при определенном положении частицы относительно отверстия, она может пройти через отверстие. Эта ситуация достаточно глубоко анализируется в работах [1, 2] и др.

Вторая ситуация, когда зерновка попадает на перемычку. В этом случае, при продольных колебаниях решета относительное перемещение зерновки будет совершаться параллельно продольным гра-

ням отверстий и, если центр тяжести зерновки располагается на площади перемычки, то она не может попасть в зону отверстия. Таким образом, частицы, располагающиеся на перемычках, в процессе сепарации не участвуют. Их попадание в зону отверстий возможно в результате случайного процесса взаимодействия с другими частицами или в случае специальной конструкции решета, например, с перемычками, имеющими поперечное сечение в виде треугольника или круга.

Следовательно, для того чтобы частица смогла пройти через отверстие решета, необходимо, чтобы она оказалась в зоне отверстия и располагалась относительно граней отверстия определенным образом. Расценивая эти события как независимые, вероятность прохода частицы через отверстие решета будет равна:

$$P = P_{\gamma} \cdot P_{\alpha'} \quad (1)$$

где P – вероятность прохода частицы через отверстие решета;

P_γ – вероятность «проходowego» расположения частицы на гранях отверстия;

$P_{\alpha'}$ – вероятность взаимодействия частицы с гранями отверстия, обусловленная траекторией движения частицы на перемычке.

Теоретическая часть

Для определения положения частицы, при котором проход ее через отверстие решета не затруднен, воспользуемся расчетной схемой (рис. 1). При этом считаем зерновку в форме эллипсоидного овала, у которого большая ось равняется длине зерна a , а малая ось – толщине зерна b , центральное сечение представляет собой овал из дуг сопряженных радиусов R_1 и R_2 . Величины радиусов R_1 и R_2 при заданных размерах большой и малой оси овала могут быть вычислены или определены графически по известным правилам [3]. Центр тяжести зерновки совпадает с ее геометрическим центром O .

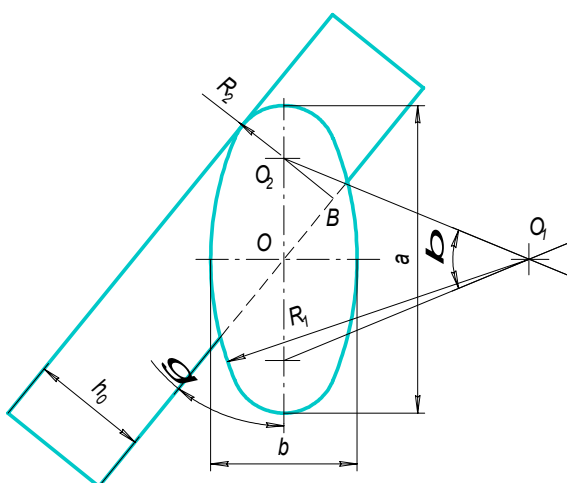


Рис. 1. Расчетная схема взаимного положения зерновки и отверстия решета

Для принятых условий предельным положением зерновки относительно отверстия решета по условию прохода его через отверстие будет такое, когда центр тяжести зерновки будет располагаться на одной продольной грани отверстия, а вторая продольная грань отверстия будет касательной к кривой, образующей эллипсоидный овал. Угол между гранью отверстия и длинной осью частицы обозначим γ .

Выражая стороны треугольника $ОВО_2$ через размеры отверстия и зерновки получим:

$$\sin \gamma_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot (h_0 - R_2)}{a - 2 \cdot R_2}, \quad (2)$$

где $\gamma_{\text{пр}}$ – предельный угол, при котором возможен проход зерновки в отверстие решета;

a – размер длинной оси частицы;

h_0 – ширина отверстия;

R_2 – малый радиус кривизны при вершине частицы.

Полученное соотношение определяет максимальный угол $\gamma_{\text{пр}}$ между продольной осью зерновки и гранью отверстия решета по условию прохода. Следовательно, проход зерновки в отверстие возможен только при условии, если:

$$0 \leq \gamma \leq \pm \arcsin \frac{2 \cdot (h_0 - R_2)}{a - 2 \cdot R_2}. \quad (3)$$

При углах $\gamma_{\text{пр}}$ больших, чем определяемые соотношением (3), теоретически сепарирующая способность решета будет стремиться к нулю при любом направлении перемещения частицы.

Для зерновки с размерами $a = 5,2$ мм, $b = 2,1$ мм [4] и радиусами кривизны поверхности $R_1 = 2,5$ мм и $R_2 = 0,7$ мм, а также решета с размерами отверстия $2,2 \times 20$ мм и шириной перемычки $2,5$ мм по формуле (2) рассчитан предельный угол $\gamma_{\text{пр}}$, при котором возможен проход зерновки в отверстие решета:

$$0 \leq \gamma_{\text{пр}} \leq \arcsin \frac{2(2,2 - 0,7)}{5,2 - 2 \cdot 0,7} = 52^\circ$$

Если известны статистические характеристики реального расположения частиц на поверхности решета относительно его продольной оси, то вероятность «проходowego» расположения частицы относительно грани отверстия будет равна:

$$P_\gamma = \sum_i P_{\gamma_i} = \frac{N_\gamma}{N}, \quad (4)$$

где i – число независимых событий в диапазоне γ_i ;

P_{γ_i} – вероятность каждого события в диапазоне γ_i ;

N_\square – число частиц на контрольном участке решета, расположенных в диапазоне γ_i ;

N – общее число частиц на контрольном участке решета.

На основе анализа статистических характеристик расположения зерновок на

контрольном участке решета [4] рассчитана вероятность благоприятного расположения зерновок относительно отверстия решета по условию прохода через отверстие. При предельной величине угла $\gamma = \pm 54^\circ$, вероятность прохода в отверстие зерновки, расположенной на грани отверстия, составляет:

$$P_\gamma = \sum_{-54^\circ}^{+54^\circ} P_{\gamma_i} = 0,089 + 0,092 + 0,159 + 0,099 + 0,092 = 0,675$$

Для определения вероятности того, что при движении частицы в направлении продольной оси решета она встретится с продольной кромкой отверстия, расположенного под углом к направлению движения зерна, воспользуемся расчетной схемой рисунка 2, на которой изображен фрагмент решета, состоящий из одного отверстия и одной перемычки.

Положение зерновки принято таким, когда длинная ось зерновки параллельна грани отверстия (□□□□0). Справедливость такого допущения подтверждается результатами анализа статистических характеристик распределения зерновок на решете [4], так как математическое ожидание случайной величины M_\square приближенно равно среднему арифметическому наблюдаемой величины \square_{cp} и составляет $M_{\square} = 1,269 \approx \square_{cp} \approx 0$.

Для определения вероятности $P_{\alpha'}$ воспользуемся соотношением элементарной площади решета $ABB'A'$ (рис. 2), образованной площадью одного отверстия и площадью одной перемычки и частью элементарной площади, на которой или частица находится в зоне отверстия в проходном положении, или с которой она может оказаться в проходном положении при перемещении по перемычке в направлении кромки отверстия.

Если $0 \leq \alpha' \leq \arctg \frac{h_{II}}{l}$, где h_n – ширина перемычки, l – длина отверстия, то из геометрических соотношений схемы рисунка 2 запишем:

$$P_{\alpha'} = \frac{S_{ABDC} + S_{CDK}}{S_{ABB'A'}}$$

после преобразований получим:

$$P_{\alpha'} = \frac{h_0}{h_0 + h_{II}} + \frac{l \cdot \tg \alpha'}{2(h_0 + h_{II})} \quad (5)$$

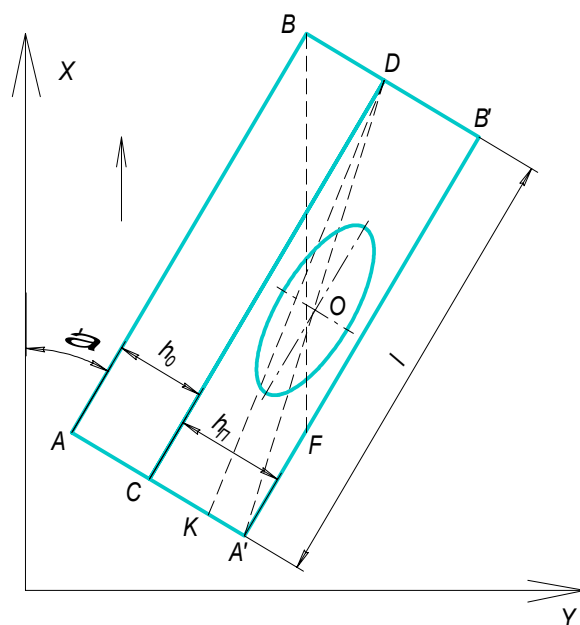


Рис. 2. Расчетная схема для определения $P_{\alpha'}$. Стрелкой обозначено направление перемещения частицы

Если $\arctg \frac{h_{II}}{l} < \alpha' \leq \frac{\pi}{2}$, то из геометрических соотношений рисунка 2 запишем:

$$P_{\alpha'} = 1 - \frac{S_{BB'F}}{S_{ABB'A'}}$$

после преобразований получим:

$$P_{\alpha'} = 1 - \frac{h_{II}^2 \cdot \ctg \alpha'}{2 \cdot l \cdot (h_0 + h_{II})} \quad (6)$$

таким образом:

$$P_{\alpha'} = \begin{cases} \frac{h_0}{h_0 + h_{II}} + \frac{l \cdot \tg \alpha'}{2(h_0 + h_{II})} & \text{при } 0 \leq \alpha' \leq \arctg \frac{h_{II}}{l} \\ 1 - \frac{h_{II}^2 \cdot \ctg \alpha'}{2 \cdot l \cdot (h_0 + h_{II})} & \text{при } \arctg \frac{h_{II}}{l} < \alpha' \leq \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (7)$$

Для количественной оценки зависимости вероятности взаимодействия частицы с кромками продолговатого отверстия решета от угла наклона отверстия к продольной оси решета по уравнению (7) произведены расчеты. Результаты расчетов представлены в таблице.

Вероятность $P_{\alpha'}$ рассчитывалась при исходных величинах: для решета – $h_0 = 2,2$ мм, $h_n = 2,5$ мм, $l = 20$ мм; для зерновки – $a = 5,2$ мм, $b = 2,1$ мм.

Вероятность P_{α} в зависимости от угла расположения отверстия α

α , град.	0	2,5	5	10	20	30	50	70	90
P_{α}	0,468	0,59	0,614	-	-	-	-	-	-
	-	-	0,62	0,813	0,91	0,943	0,973	0,988	1,0

По результатам расчетов по уравнению (1) получена зависимость $P = f(\alpha)$, которая представлена на рисунке 3.

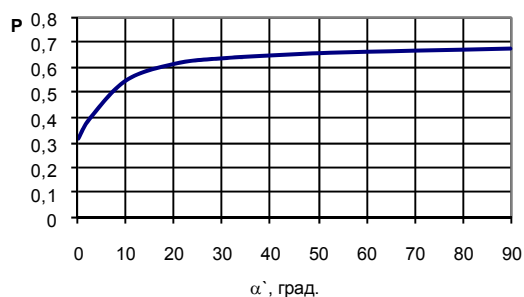


Рис. 3. Зависимость вероятности прохода частицы через отверстие решета от угла наклона отверстия

Вывод

Из рисунка 3 следует, что угол наклона отверстий решета к продольной оси способствует увеличению вероятности прохода частицы в отверстие решета. Наиболее вероятность возрастает при малых углах наклона отверстий. В диапазоне от 0 до 20° вероятность прохода частицы возрастает с 0,315 до 0,548, то есть в 1,7 раза.



Библиографический список

1. Евтягин В.Ф. Исследование параметров движения решетных станков с целью повышения эффективности работы: дис. ... канд. техн. наук / В.Ф. Евтягин. – Омск, 1982. – 175 с.
2. Климок А.И. Взаимодействие проходных частиц с продольными перемычками прямоугольных отверстий решета / А.И. Климок // Очистка и сортирование семян сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. / Сиб. ин-т. механизации и электрификации сел. хоз-ва. – Новосибирск, 1991. – С. 65.
3. Богданов В.Н. Справочное руководство по черчению / В.Н. Богданов, Н.Ф. Маложик, А.П. Верхола и др. – М., 1989. – 864 с.
4. Зильбернагель А.В. Интенсификация процесса сепарации зерна на плоских решетах с продолговатыми отверстиями, расположенными под углом: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Зильбернагель. – Омск, 2005. – 176 с.



УДК 534.111:63

**И.Я. Федоренко,
Д.Н. Пирожков,
Р.А. Котов**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ЛОРЕНЦА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ СЫПУЧИХ КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: вибрационный смеситель, процесс смешивания, сыпучий

материал, однородность смеси, модель Лоренца, амплитуда и частота колебаний.