

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.401.-80. Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 12 с.
2. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. – Л.: Наука, 1985. – 112 с.
3. ГОСТ 18509-88 (СТ СЭВ 2560-80). Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 70 с.
4. ГОСТ 7057-81. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 25 с.
5. ГОСТ 8.011-75. Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 5 с.
6. ГОСТ 11.004-74. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 29 с.

УДК 622.767

Кобец А.С., Миронов П.А., Пугачев В.И.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПРОСЕИВАНИЯ ШАРООБРАЗНОЙ ЧАСТИЦЫ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЕ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОГО РЕШЕТА ЗА ОДНО КОЛЕБАНИЕ ЕГО ОСИ ВРАЩЕНИЯ

Викладена методика визначення імовірності просіювання кулеподібної частинки через отвір вібровідцентрового решета з горизонтальною віссю обертання в рамках моделі процесу, закономірності якого виражені функціями випадкового аргументу.

DETERMINATION OF SIFTING PROBABILITY OF A SPHERICAL PARTICLE AT A VIBRATING CENTRIFUGAL SIEVE MESH AT ONE OSCILLATION OF ITS AXIS ROTATION

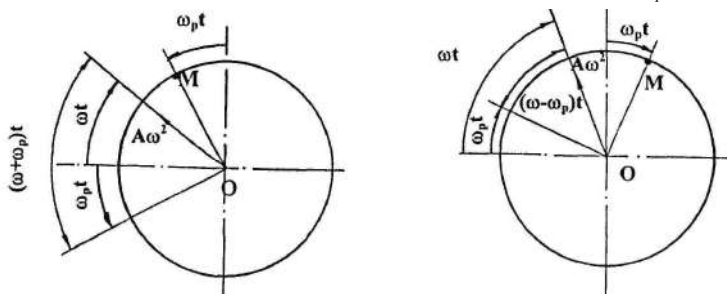
The work covers methods of determination of sifting probability of a spherical particle for a mesh of a vibrating centrifugal sieve with horizontal axis rotation, within the model of the process whose regularities are expressed by casual argument functions.

Решение данной задачи ищем в рамках модели процесса перемещения шарообразной частицы (в дальнейшем – шара диаметром d) относительно отверстия решета, основу которой составляют следующие положения.

1. Виброцентробежное решето в форме прямого кругового цилиндра радиуса R_p с круглыми отверстиями диаметром $D = 2R_0$, вращается с угловой скоростью ω_p вокруг горизонтальной оси, совершающей пространственные колебания с угловой скоростью ω и радиальной составляющей амплитуды колебаний A .

2. Угол $\theta = (\omega \pm \omega_p)t$ между радиусом-вектором OM точки M контакта шара с решетом и вектором ускорения круговых колебаний

оси $A\omega^2$ (рис. 1, а, б), периодически, с периодом $T_\theta = 2\pi(\omega \pm \omega_p)^{-1}$, возрастает от 0 до 2π , вследствие чего проекция траектории перемещения точки решета на плоскость, перпендикулярную оси вращения решета, с таким же периодом отклоняется от окружности радиуса R_p (рис. 2) [1].



а) в разных направлениях;

б) в одном направлении.

Рис. 1 – Схемы изменения угла $\theta = (\omega \pm \omega_p)t$ при вращении векторов $A\omega^2$ и OM

3. Поверхность решета представляет собой совокупность одинаковых по величине участков, содержащих отверстие, в форме круга площадью S_μ (рис. 3), центр которого совпадает с центром отверстия, а диаметр $D_\mu = 2R_\mu$ определяется по формуле:

$$D_\mu = D \cdot \mu^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент живого сечения решета.

4. Координаты X, Y положения проекции центра шара на плоскость решета в произвольный момент периода T_θ являются случайными величинами, распределенными с постоянной плотностью в пределах кольца, образованного окружностями радиусов R_μ и R_0 (рис. 3), а угол χ между касательной к окружности в точке $M(x, y)$ и проекцией вектора

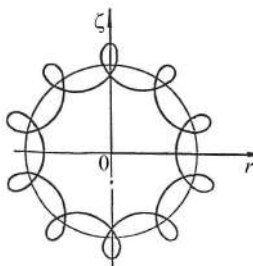


Рис. 2

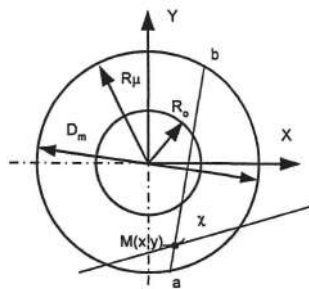


Рис. 3 – Схема участка решета, приходящегося на одно отверстие

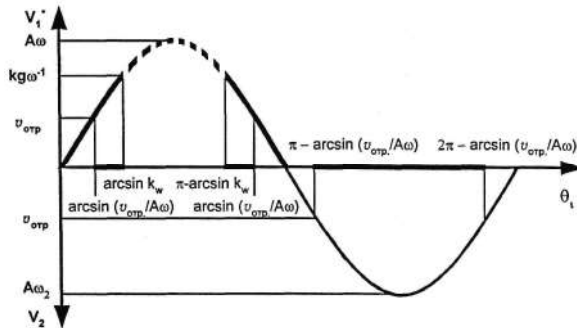
перемещения шара на плоскость круга диаметром D_μ , является случайной величиной, возможные значения которой заключены в интервале от 0 до π и распределены в нем с равномерной плотностью.

5. За одно испытание (одну попытку) на просеивание шара через отверстие решета принимается его перемещение относительно поверхности решета за один период T_θ .

6. Проекция скорости перемещения центра шара на плоскость участка решета S_μ , v_τ , изменяется с изменением угла θ по закону, (рис. 4):

$$v_\tau = A\omega \sin \theta. \quad (2)$$

7. За период времени T_θ изменения угла θ шар может просеяться через одно из двух смежных отверстий: в первой половине периода ($0 \leq \theta \leq \pi$), когда шар перемещается в прямом направлении (условно – к первому отверстию), или во второй половине периода ($\pi \leq \theta \leq 2\pi$), когда шар перемещается в обратном направлении (условно — ко второму отверстию) (рис. 4).



- движение к первому отверстию без отрыва от решета;
- движение к первому отверстию с отрывом от решета;
- движение ко второму отверстию без отрыва от решета.

Рис. 4 – Изменение характера движения шара относительно поверхности решета за период T_θ

При движении шара в прямом направлении он перемещается к первому отверстию как без отрыва от поверхности решета (при $0 < \theta < \arcsin k_w$ и $\pi - \arcsin k_w < \theta < \pi$), так и с отрывом от нее (при $\arcsin k_w \leq \theta \leq \pi - \arcsin k_w$) (рис. 4).

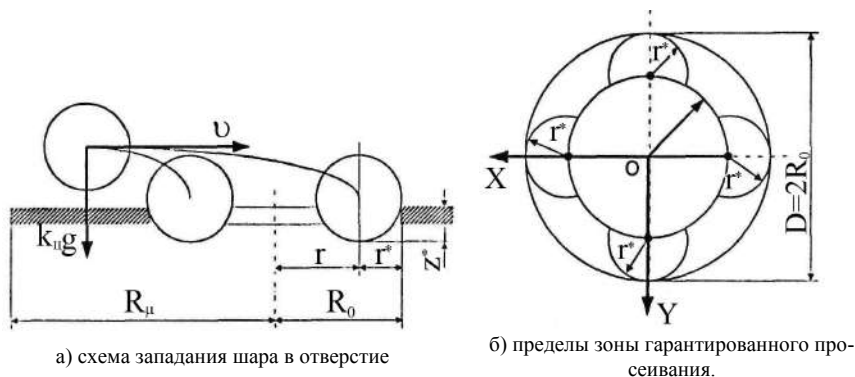


Рис. 5 – Схема перемещения шара с отрывом от поверхности решета

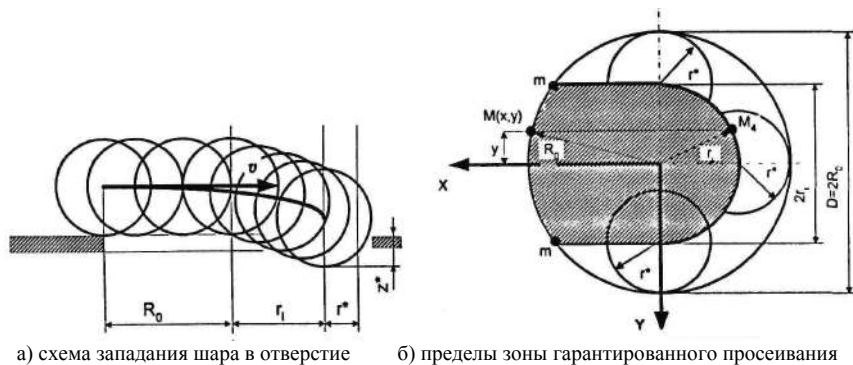


Рис. 6 – Схема перемещения шара с отрывом от кромки отверстия

Здесь $k_w = k_y g (A\omega^2)^{-1}$; $k_y = \omega_p^2 R_p g^{-1}$; g – ускорение свободного падения. В обратном направлении шар движется без отрыва от поверхности решета.

8. При движении шара с отрывом от поверхности решета (рис. 5, а), скорость его в направлении к поверхности решета v_n изменяется по закону равноускоренного движения:

$$v_n = k_y \cdot g \cdot t. \quad (3)$$

При движении шара без отрыва от поверхности решета он может западать (опускаться) в отверстие по одной из двух возможных схем – с отрывом и без отрыва от кромки отверстия.

Если в момент пересечения шаром кромки отверстия его скорость движения без отрыва от решета $v_\tau \geq v_{omp} = \sqrt{0,5k_y g d}$, то шар будет западать в отверстие с отрывом от его кромки (рис. 6, а). При этом ско-

рость перемещения шара v_τ с момента отрыва его от кромки отверстия принимается равной ее значению в момент отрыва шара от кромки.

Если же в момент пересечения шаром кромки отверстия его скорость движения без отрыва от решета $v_\tau < v_{omp}$, то шар западает в отверстие без отрыва от его кромки. При этом траектория перемещения его центра лежит в плоскости, проходящей через центр отверстия и точку M контакта шара с кромкой отверстия и представляет собой дугу радиуса $r = 0,5d$ с центром в точке M (рис. 7).

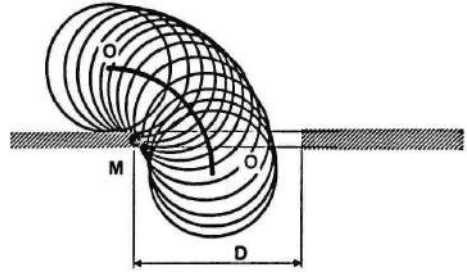


Рис. 7 – Схема западания и просеивания шара в отверстие без отрыва от его кромки

9. При движении шара с отрывом от поверхности решета, а также с отрывом от кромки отверстия, его центр перемещается в плоскости, перпендикулярной к плоскости отверстия.

10. Шар принимается прошедшим через отверстие решета, если величина западания его в это отверстие z будет не меньше ее минимально допустимого значения z^* (рис. 5, а, рис. 6, а), определяемого по формуле:

$$z^* = \begin{cases} mv'^2(2F_{con})^{-1} & \text{при } mv'^2(2F_{con})^{-1} \leq 0,5d; \\ 0,5d & \text{при } mv'^2(2F_{con})^{-1} > 0,5d, \end{cases} \quad (4)$$

где m – масса шара;

v' – скорость отражения шара от решета в момент их столкновения:

$$v' = \left\{ \begin{array}{l} v'_{o.p.} - \text{при западании шара в отверстие с отрывом от решета} \\ v'_{o.к.} - \text{при западании шара в отверстие с отрывом от его кромки} \end{array} \right\},$$

$$v'_{o.p.} = k_y k_u g t_{o.p.}, \quad (5)$$

$$v'_{o.к.} = k_y v_{cm}, \quad (6)$$

k_y – коэффициент упругости шара;

$t_{o.p.}$ – продолжительность фазы отрыва шара от поверхности решета;

v_{cm} – скорость шара в момент столкновения с кромкой отверстия;

$F_{\text{соп}} = mn_u k_y g$ – сила сопротивления перемещению шара в направлении скорости v' ;

n_u – количество шаров по высоте слоя сепарируемой смеси.

Согласно этой модели просеивание шара через отверстие решета (событие Π) возможно в одном из трех случаев.

1. Момент западания шара в отверстие приходится на фазу его перемещения в прямом направлении с отрывом от поверхности решета (гипотеза Γ_1).

2. Момент западания шара в отверстие приходится на фазу его перемещения в прямом направлении без отрыва от поверхности решета (гипотеза Γ_2).

3. Момент западания шара в отверстие решета приходится на фазу его перемещения в обратном направлении (гипотеза Γ_3).

Поскольку момент западания шара в отверстие в интервале времени $0 < t \leq T_\theta$ случаен, то безусловную вероятность $P(\Pi)$ просеивания шара через отверстие решета можно определить на основе формулы полной вероятности [2]:

$$P(\Pi) = P(\Gamma_1)P(\Pi|\Gamma_1) + P(\Gamma_2)P(\Pi|\Gamma_2) + P(\Gamma_3)P(\Pi|\Gamma_3), \quad (7)$$

где $P(\Gamma_i)$ — вероятность гипотезы Γ_i ,

$P(\Pi|\Gamma_i)$ — условная вероятность просеивания шара через отверстие при гипотезе Γ_i ($i = 1, 2, 3$).

Вероятность $P(\Gamma_1)$, равная вероятности P_1 того, что западание шара в отверстие произойдет при его перемещении относительно решета с отрывом от его поверхности, определяется отношением продолжительности фазы отрыва к продолжительности периода T_θ :

$$P(\Gamma_1) = (\pi - 2 \arcsin k_w)(2\pi)^{-1}. \quad (8)$$

Вероятность $P(\Pi|\Gamma_1)$ равна вероятности сочетания трех событий: события \bar{C}_1 , состоящего в том, что шар после отрыва от решета перемещается в направлении зоны \bar{S} отверстия, представляющей собой круг радиуса r (на рис. 6, б – заштрихован); события \bar{C}_2 , состоящего в том, что шар за время перемещения с отрывом от поверхности решета достигнет зоны \bar{S} ; и события \bar{C}_3 , состоящего в том, что за это же время шар не выйдет за пределы зоны \bar{S} .

Событие \bar{C}_1 равнозначно попаданию координаты \bar{y} точки пересечения проекции перемещения центра шара на плоскость отверстия с осью \bar{Y} (точки K , рис. 8) в область значений $|\bar{y}| \leq \bar{r}$ и поэтому вероятность $P(\bar{C}_1)$ события \bar{C}_1 будет равна вероятности \bar{P}_2 попадания случайной величины \bar{Y} в данный интервал ее значений, определяемой отношением:

$$P(\bar{C}_1) = \bar{P}_2 = \bar{r} R_\mu^{-1} = R_0 R_\mu^{-1} \left(1 - 2\delta \sqrt{\bar{\lambda} - \bar{\lambda}^2} \right), \quad (9)$$

где $\delta = dD^{-1}$;
 $\bar{\lambda} = z^* d^{-1}$.

События \bar{C}_2 и \bar{C}_3 аналитически выражаются неравенствами:

$$L_2 - l_{n.o.} = \bar{\Delta}_1 \leq 0; \quad (10)$$

$$l_{n.o.} - L_3 = \bar{\Delta}_2 \leq 0, \quad (11)$$

где L_2 и L_3 — случайные величины, представляющие собой расстояния от точки отрыва шара от поверхности решета (точка M , рис. 8) до первой (в направлении перемещения шара) точки зоны \bar{S} (точки M_3) и, соответственно, до последней точки зоны \bar{S} (точки M_4);

$l_{n.o.}$ — не случайная величина, представляющая собой проекцию перемещения центра шара на плос-

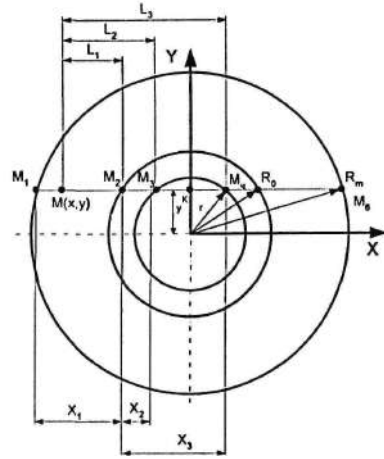


Рис. 8 – Области возможных значений случайных величин \bar{Y} , X_1 , X_2 , X_3 , L_1 , L_2 , L_3

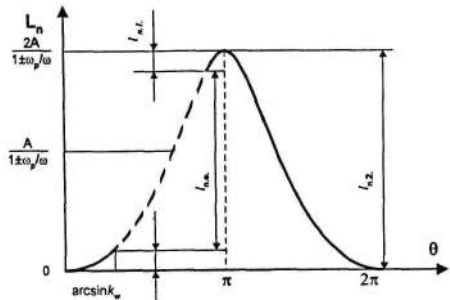


Рис. 9 – Траектория перемещения шара за период времени T_θ

кость участка решета, содержащего отверстие, за время отрыва шара от решета (рис. 9, пунктирная линия);

$\bar{\Delta}_1$ и $\bar{\Delta}_2$ — функции случайных аргументов L_2 и L_3 соответственно.

В силу этого вероятности $P(\bar{C}_2)$ и $P(\bar{C}_3)$ событий \bar{C}_2 и \bar{C}_3 будут равны вероятностям \bar{P}_3 и \bar{P}_4 выполнения условий (10), (11), определяемым по формулам:

$$P(\bar{C}_2) = \bar{P}_3 = \int_{\bar{\Delta}_{1\min}}^0 f(\bar{\Delta}_1) d\bar{\Delta}_1; \quad (12)$$

$$P(\bar{C}_3) = \bar{P}_4 = \int_{\bar{\Delta}_{2\min}}^0 f(\bar{\Delta}_2) d\bar{\Delta}_2. \quad (13)$$

После определения и интегрирования выражений плотностей $f(\bar{\Delta}_i)$ ($i = 1, 2$), выражения вероятностей \bar{P}_3 и \bar{P}_4 принимают следующий вид:

$$\bar{P}_3 = \begin{cases} 1 & \text{при } l_{n.o.} > m_1 + m_2; \\ (l_{n.o.} - m_2)m_1^{-1} & \text{при } m_2 \leq l_{n.o.} \leq m_1 + m_2; \\ 0 & \text{при } l_{n.o.} > m_1 + m_2; \end{cases} \quad (14)$$

$$\bar{P}_4 = \begin{cases} 1 & \text{при } l_{n.o.} > m_3; \\ (m_1 + m_2 - l_{n.o.})m_1^{-1} & \text{при } m_3 \leq l_{n.o.} \leq m_1 + m_3; \\ 0 & \text{при } l_{n.o.} > m_1 + m_3, \end{cases} \quad (15)$$

где m_1, m_2, m_3 — математические ожидания случайных величин X_1, X_2, X_3 (рис. 8).

Вероятность $P(\Pi | \Gamma_1)$, равная вероятности сочетания событий \bar{C}_1, \bar{C}_2 и \bar{C}_3 , будет равна произведению:

$$P(\Pi | \Gamma_1) = \bar{P}_2 \cdot \bar{P}_3 \cdot \bar{P}_4. \quad (16)$$

Вероятность $P(\Gamma_2)$ гипотезы Γ_2 равнозначна вероятности P_1 попадания случайной величины θ ($0 \leq \theta \leq 2\pi$), в интервалы $0 < \theta < \arcsin k_w$ или $\pi - \arcsin k_w < \theta < \pi$ и определяется отношением продолжительности фазы перемещения шара в прямом направлении без отрыва от решета к продолжительности периода T_θ :

$$P(\Gamma_2) = P_1 = \pi^{-1} \cdot \arcsin k_w. \quad (17)$$

Согласно модели исследуемого процесса вероятность $P(\Pi|\Gamma_2)$ будет равна сумме вероятностей совмещения следующих событий:

$$P(\Pi|\Gamma_2) = P(C_{1.к.}) \cdot [P(C_{1.б.к.}) + P(C_{1.о.к.})], \quad (18)$$

где $C_{1.к.}$ – событие, состоящее в том, что шар, перемещаясь в направлении первого отверстия, достигнет и пересечет его кромку;
 $C_{1.б.к.}$ и $C_{1.о.к.}$ – события, состоящие в просеивании шара через первое отверстие при западании в него, соответственно, без отрыва и с отрывом от его кромки.

Определение и выражение вероятности $P(C_{1.к.})$ события $C_{1.к.}$, равнозначной вероятности $P_{1.к.}$, аналогичны определению и выражению вероятности \bar{P}_3 события \bar{C}_2 :

$$P(C_{1.к.}) = P_{1.к.} = \begin{cases} 1 & \text{при } l_{n.1.} > m_1; \\ l_{n.1.} m_1^{-1} & \text{при } 0 \leq l_{n.1.} \leq m_1, \end{cases} \quad (19)$$

где $l_{n.1.}$ — величина перемещения шара за время его движения к первому отверстию без отрыва от поверхности решета (рис. 9).

Вероятность $P(C_{1.б.к.})$ равна вероятности совмещения трех событий: события $C_{1.1.}$, состоящего в том, что шар не отрывается от кромки первого отверстия в момент ее пересечения, события $C_{1.2.}$, состоящего в том, что положение шара в точке пересечения кромки отверстия благоприятствует его просеиванию через это отверстие, и события $C_{1.3.}$, состоящего в том, что шар опустится в отверстие, до соударения с его кромкой, на величину, гарантирующую дальнейшее опускание шара в отверстие.

Вероятность $P(C_{1.1.})$ события $C_{1.1.}$ равнозначна вероятности $P_{1.1.}$, выполнения условия $0 \leq v_1 \leq v_{omp}$, определяемой по формуле:

$$P(C_{1.1.}) = P_{1.1.} = \int_0^{v_{omp}} f(v_1) dv_1, \quad (20)$$

где v_1 — значение случайной величины V_1 (скорость шара в момент пересечения им кромки отверстия);
 $f(v_1)$ — плотность распределения случайной величины V_1 .

Определяя $f(\nu_1)$ как плотность функции (2) случайного аргумента θ_1 , ($0 < \theta_1 < \arcsin k_w$), и интегрируя ее согласно (20), получим выражение вероятности $P_{1.1.}$ в виде:

$$P_{1.1.} = \begin{cases} 1 & \text{при } 0,5\delta D > Ak_w; \\ \frac{\arcsin \sqrt{0,5\delta D k_w A^{-1}}}{\arcsin k_w} & \text{при } 0,5\delta D \leq Ak_w. \end{cases} \quad (21)$$

Вероятность $P(C_{1.3.})$ события $C_{1.3.}$ равна вероятности $P_{1.3.}$ того, что шар, западая в отверстие без отрыва от его кромки, опустится в него на величину $z^* \geq 0,5d$, что в данном случае является достоверным событием. Следовательно,

$$P(C_{1.3.}) = P_{1.3.} = 1, \quad (22)$$

а вероятность $P(C_{1.2.})$ события $C_{1.2.}$ будет равна вероятности $P_{1.2.}$ пересечения траектории перемещения шара с кромкой первого отверстия, определяемой отношением:

$$P(C_{1.2.}) = P_{1.2.} = R_0 R_\mu^{-1}. \quad (23)$$

Вероятность $P(C_{1.0.к.})$ события $C_{1.0.к.}$ равна вероятности совмещения также трех событий: события $C_{1.1.}^*$, состоящего в том, что шар отрывается от кромки первого отверстия в момент ее пересечения, события $C_{1.2.}^*$, состоящего в том, что положение точки отрыва на кромке отверстия благоприятствует просеиванию шара через это отверстие, и события $C_{1.3.}^*$, состоящего в том, что шар, оторвавшись от кромки первого отверстия, опустится в него на величину, гарантирующую его просеивание через это отверстие.

Вероятность $P(C_{1.1.}^*)$ события $C_{1.1.}^*$ равна вероятности $P_{1.1.}^*$ попадания значений ν_1 случайной величины V_1 в интервал $\nu_{omp} \leq \nu_1 \leq k_w g \omega^{-1}$, которая определяется по формуле (20):

$$P(C_{1.1.}^*) = P_{1.1.}^* = \begin{cases} 0 & \text{при } 0,5\delta D > Ak_w; \\ \frac{\arcsin k_w - \arcsin \sqrt{0,5\delta D k_w A^{-1}}}{\arcsin k_w} & \text{при } 0,5\delta D \leq Ak_w. \end{cases} \quad (24)$$

Так как события $C_{1.2.}^*$ и C_1 аналогичны (рис. 5, рис. 6), то вероятность $P(C_{1.2.}^*)$ события $C_{1.2.}^*$ будет равна вероятности попадания случай-

ной величины Y в область ее значений $|y| \leq r_1$ и определяться по формуле, аналогичной формуле (9):

$$P(C_{1.2}^*) = P_{1.2}^* = r_1 R_\mu^{-1} \left(1 - 2\delta \sqrt{\lambda_1 - \lambda_1^2} \right), \quad (25)$$

где $\lambda_1 = z_1^* d^{-1}$.

Величина z_1^* определяется по формуле (4) при значении v_{cm} , равном математическому ожиданию случайной величины V_1^* (скорость шара в момент его отрыва от кромки отверстия), распределенной с плотностью $f(v_1^*)$ в интервале от $v_{1\min}^* = v_{отр}$ до $v_{1\max}^* = k_w A \omega$.

Событие $C_{1.3}^*$ равнозначно выполнению условия:

$$L_{1.1} - L_{2.1} = \Delta_{4.1} < 0, \quad (26)$$

где $L_{1.1}$ – функция случайной величины V_1^* , представляющая собой расстояние, на которое шар переместится за время

$$t_1 = \sqrt{2z_1^* (k_y g)^{-1}},$$

необходимое для западания его в отверстие на величину z_1^* ;

$L_{2.1}$ – функция случайной величины Y (рис. 10), представляющая собой предельное расстояние (отрезок $M_2 M_4$, рис. 10),

пройдя которое шар еще может опуститься в отверстие на величину z_1^* .

Функция $\Delta_{4.1} = l_{1.1} - l_{2.1}$ изображается плоскостью (рис. 11), проекцией которой на плоскость $l_{1.1} O l_{2.1}$ является прямоугольник, образованный пересечением прямых:

$$\left\{ \begin{array}{l} l_{1.1} = l_{1.1.\min} = \delta D \sqrt{\lambda_1}; \quad l_{1.1} = l_{1.1.\max} = \sqrt{2A\lambda_1 \delta D k_y}; \\ l_{2.1} = l_{2.1.\min} = \sqrt{R_0^2 - r_1^2}; \quad l_{2.1} = l_{2.1.\max} = R_0 - r_1. \end{array} \right\} \quad (27)$$

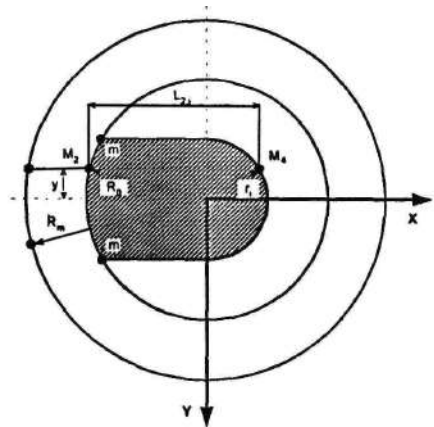


Рис. 10 – Область возможных значений случайных величин $L_{2.i}$ ($i = 1, 2$)

Эта плоскость пересекает плоскость $l_{1.1}, Ol_{2.1}$ по линии ab (рис. 11), которая делит прямоугольник (27) на две области: G_1 и G_2 . В области G_2 аппликаты точек плоскости $\Delta_{4.1}$ положительны ($\Delta_{4.1} > 0$), а в области G_1 – отрицательны ($\Delta_{4.1} < 0$). Следова-

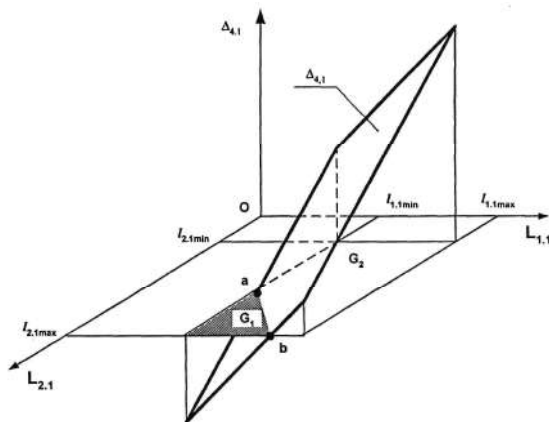


Рис. 11 – Область возможных значений функции $\Delta_{4.1}$.

тельно, двойной интеграл от плотности $f(l_{1.1}, l_{2.1})$ системы случайных величин (L_1, L_2) по области G_1 будет равен функции распределения $F(\Delta_{4.1} < \Delta_{4.1})$ случай- ной величины $\Delta_{4.1}$. [2]:

$$F(\Delta_{4.1} < \Delta_{4.1}) = \iint_{G_1} f(l_{1.1}, l_{2.1}) dl_{1.1} dl_{2.1}. \tag{28}$$

Согласно свойству функции распределения случайной величины вероятность $P_{1.3}^*$ выполнения условия (26) равна значению функции (28) при $\Delta_{4.1} = 0$. Поэтому, из условия (26) и свойств функции (28) следует:

$$P(C_{1.3}^*) = P_{1.3}^* = F(\Delta_{4.1} = 0). \tag{29}$$

Выражение для вычисления вероятности $P_{1.3}^*$ получено в виде сле- дующей формулы:

$$P_{1.3}^* = \begin{cases} 1 & \text{при } m_{2.1} > l_{1.1,max}; \\ \frac{\arcsin m_{2.1} (2z_1^* Ak_w^{-1})^{-\frac{1}{2}} - \arcsin l_{1.1,min} (2z_1^* Ak_w^{-1})^{-\frac{1}{2}}}{\arcsin k_w - \arcsin \sqrt{0,5\delta Dk_w A^{-1}}} & \text{при } l_{1.1,min} \leq m_{2.1} \leq l_{1.1,max}; \\ 0 & \text{при } m_{2.1} < l_{1.1,min}, \end{cases} \tag{30}$$

где $m_{2.1}$ — математическое ожидание случайной величины $L_{2.1}$.

С учетом определения вероятностей событий $C_{1.к.}$, $C_{1.б.к.}$ и $C_{1.о.к.}$ выражение (18) вероятности $P(\Pi|G_2)$ просеивания шара через отвер- стие при гипотезе G_2 преобразуется к виду:

$$P(\Pi | \Gamma_2) = P_{1.k.} (P_{1.1.} \cdot P_{1.2.} \cdot P_{1.3.} + P_{1.1.}^* \cdot P_{1.2.}^* \cdot P_{1.3.}^*). \quad (31)$$

Вероятность $P(\Gamma_3)$ гипотезы Γ_3 равнозначна вероятности P_2 попадания случайной величины θ в интервал ее значений $\pi \leq \theta \leq 2\pi$, которая равна отношению продолжительности фазы перемещения шара в обратном направлении к продолжительности периода T_θ :

$$P(\Gamma_3) = P_2 = \pi(2\pi)^{-1} = 0,5. \quad (32)$$

Так как различие между гипотезами Γ_2 и Γ_3 состоит только в различии направлений перемещения шара, которое, как параметр движения, никак не влияет на возможности просеивания шара через круглое отверстие, то формула вероятности $P(\Pi | \Gamma_3)$ будет аналогична, с точностью до обозначений, формуле вероятности $P(\Pi | \Gamma_2)$:

$$P(\Pi | \Gamma_3) = P_{2.k.} (P_{2.1.} \cdot P_{2.2.} \cdot P_{2.3.} + P_{2.1.}^* \cdot P_{2.2.}^* \cdot P_{2.3.}^*), \quad (33)$$

где $P_{2.i.}$ и $P_{2.i.}^*$ — вероятности событий, соответственно, $C_{2.i.}$ и $C_{2.i.}^*$, аналогичных событиям, соответственно, $C_{1.i.}$ и $C_{1.i.}^*$.

В силу аналогичности отмеченных событий, аналогично и определение их вероятностей и выражения этих вероятностей:

$$P_{2.k.} = \begin{cases} 1 & \text{при } l_{n.2.} > m_1; \\ l_{n.2.} \cdot m_1^{-1} & \text{при } 0 \leq l_{n.2.} \leq m_1, \end{cases} \quad (34)$$

где $l_{n.2.}$ — максимальное перемещение шара при его движении в обратном направлении (рис. 9).

$$P_{2.1.} = \begin{cases} 1 & \text{при } 0,5k_w \delta D > \sqrt{A}; \\ 2\pi^{-1} \arcsin \sqrt{0,5k_w \delta D A^{-1}} & \text{при } 0 \leq 0,5k_w \delta D \leq \sqrt{A}; \end{cases} \quad (35)$$

$$P_{2.2.} = P_{1.2.} = R_0 R_\mu^{-1}; \quad (36)$$

$$P_{2.3.} = P_{1.3.} = 1; \quad (37)$$

$$P_{2.1.}^* = \begin{cases} 1 - 2\pi^{-1} \arcsin \sqrt{0,5k_w \delta D A^{-1}} & \text{при } 0 \leq 0,5k_w \delta D \leq \sqrt{A}; \\ 0 & \text{при } 0,5k_w \delta D > \sqrt{A}; \end{cases} \quad (38)$$

$$P_{2.2.}^* = R_0 R_\mu^{-1} \left(1 - 2\delta \sqrt{\lambda_2 - \lambda_2^2} \right), \quad (39)$$

где $\lambda_2 = z_2^* d^{-1}$.

z_2^* определяется по формуле (4) при значении v_{cm} , равном математическому ожиданию случайной величины V_2^* (скорость шара в момент его отрыва от кромки второго отверстия), распределенной с плотностью $f(v_2^*)$ в интервале от $v_{2min}^* = v_{omp}$ до $v_{2max}^* = A\omega$.

$$P_{2.3.} = \begin{cases} 1 & \text{при } m_{2.2.} > l_{1.2.max}; \\ \frac{2(\arcsin m_{2.2.} l_{1.2.max}^{-1} - \arcsin l_{1.2.min} l_{1.2.max}^{-1})}{\pi - \arcsin \sqrt{0,5\delta D k_w} A^{-1}} & \text{при } l_{1.2.min} \leq m_{2.2.} \leq l_{1.2.max}; \\ 0 & \text{при } m_{2.2.} < l_{1.2.min} \text{ и } m_{2.2.} > l_{1.2.max}, \end{cases} \quad (40)$$

где $m_{2.2.}$ — математическое ожидание случайной величины $L_{2.2.}$;

$$l_{1.2.min} = \delta D \sqrt{\lambda_2};$$

$$l_{1.2.max} = \sqrt{2A\lambda_2\delta D k_w}.$$

Подставляя в (7) вместо вероятностей $P(\Gamma_i)$ и $P(\Pi|\Gamma_i)$ их выражения (8), (16), (17), (31), (32), (33), формула (7) преобразуется к виду:

$$P(\Pi) = \bar{P}_1 \cdot \bar{P}_2 \cdot \bar{P}_3 \cdot \bar{P}_4 + P_{1.1.} P_{1.к.} (P_{1.1.} \cdot P_{1.2.} \cdot P_{1.3.} + P_{1.1.}^* \cdot P_{1.2.}^* \cdot P_{1.3.}^*) + \\ + P_{2.2.к.} (P_{2.1.} \cdot P_{2.2.} \cdot P_{2.3.} + P_{2.1.}^* \cdot P_{2.2.}^* \cdot P_{2.3.}^*). \quad (41)$$

График функции $P(\Pi) = f(A, k_w)$, построенный по этой формуле при $R_p = 300$ мм, $d = 5$ мм, $\delta = 1$, $k_y = 0,8$ приведен на рис. 12.

Практическая значимость и ценность полученных формул состоит в том, что вычисленная по ним «величина искомой вероятности должна дать указания, насколько те условия, которыми определяется рабочий режим машины, и которые заключаются также в конструкции ее, обеспечивают ожидаемый эффект, в какой мере и в каком направлении следует изменить как рабочий режим, так и конструкцию, чтобы установить и то, и другое, отвечающими наиболее высокому качеству сортирования».

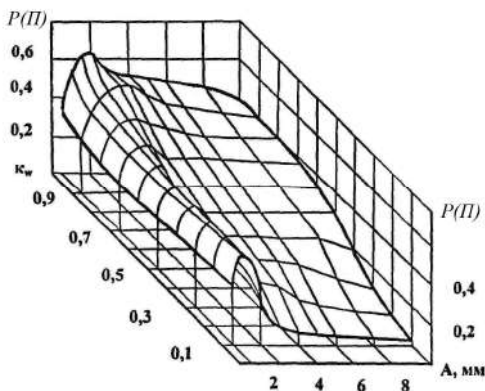


Рис. 12 – График функции $P(\Pi) = f(A, k_w)$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение закона движения виброцентробежного решета с двухдисковым дебалансным вибратором / П.М. Заика, Д.И. Мазоренко, П.А. Миронов, В.И. Пугачев // Полеуборочная обработка зерна на вибрационных зерноочистительных машинах. Сб. науч. тр. МИИСП. – М. – 1987. – С. 4-21.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 572 с.
3. Летошнев М.Н. Теория вероятностей (в приложении к исследованию рабочего процесса плоского сортировочного решета) // Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Труды ВИМ. – М.; Л: 1935. – Т. 1. – С. 83-132.

УДК 678.4: 539.3

Лисица Н.И., Заболотная Е.Ю., Агальцов Г.Н.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНЫХ ФУТЕРОВОК ШАХТНЫХ ВАГОНЕТОК НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ ОТ НАЛИПШЕГО МАТЕРИАЛА

У статті розглядається спосіб очищення шахтних вагонеток від налипання гірської маси, що полягає у використанні ефекту самоочищення. Наведено результати експериментальних досліджень у лабораторних і промислових умовах.

DEFINITION OF EFFECT OF PARAMETERS OF PROTECTIVE LININGS OF MINE CARS ON QUALITY OF CLEARING OF THE STUCK MATERIAL

In paper the way of clearing of mine cars from sticking the mined rock, consisting in use of effect of a self-cleaning is observed. Results of experimental researches in laboratory and industrial conditions are instanced.

Очистка вагонеток от налипших к её внутренней поверхности материалов имеет существенное значение для повышения производительности транспортных средств и нормальных условий эксплуатации шахтных вагонеток. Уменьшение полезной ёмкости за счёт налипания составляет в среднем 3-5 %, а при транспортировке мокрых углей, руд и т.д. – 25-30 %.

К средствам механизированной очистки предъявляются требования не только полной очистки, но и сохранности кузова вагонеток, длительных сроков работы, простоты и надёжности в эксплуатации.

Эффективность процесса очистки зависит как от свойств транспортируемого материала, так и от конструктивных особенностей кузовов вагонеток (форма кузова, материал, качество поверхности, наличие зон коррозии). В настоящее время наибольшее внимание привлекают к себе самоочистка кузовов вагонеток и применение специальных покрытий.