

УДК 636.085.55+631.363.636

В. А. ШАРШУНОВ¹, А. В. ЧЕРВЯКОВ², С. В. КУРЗЕНКОВ²

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОТОКА СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В КАМЕРЕ СМЕШИВАНИЯ УСТАНОВКИ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ЗЕРНА

¹Могилевский государственный университет продовольствия,

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Поступила в редакцию 05.06.2008)

Подготовка фуражного зерна к хранению для дальнейшего его эффективного использования при выработке качественных комбикормов является важной задачей сельскохозяйственного производства.

Среди факторов, влияющих на качество и сохранность фуражного зерна, существенная роль принадлежит микроорганизмам, в частности микроскопическим токсинообразующим плесневым грибам, которые вызывают множество заболеваний и падеж животных и птицы, нанося ощутимый урон сельскому хозяйству. Один из способов защиты фуражного зерна от патогенной микрофлоры является консервирование его химическими и биологическими препаратами [1–3].

Требования к технологии подготовки и закладки фуражного зерна на хранение определяют принципиальные схемы и технические решения разрабатываемого оборудования для ввода кон-

сервантов в зерновой материал. В основе такого оборудования лежит принцип направленных, перекрестно движущихся дисперсных потоков сыпучего и жидкого компонентов с взаимным проникновением одного в другой. Именно такая схема организации процесса обработки дает возможность каждому отдельному семени контактировать с потоком препарата в кратчайший промежуток времени и обеспечивает наилучшие условия для качественного консервирования при наименьших энергозатратах. На основе этих принципов в БГСХА совместно с сотрудниками НПП «Белама плюс» (г. Орша) разработано оборудование УКЗ-20, УКЗ-50, предназначенное для нанесения консервантов в виде растворов, эмульсий или суспензий на поверхность фуражного зерна [1, 4].

Особенностью конструкции оборудования является наличие универсального модуля дозирования-смешивания, позволяющего произвести подачу, равномерное распределение и смешивание потока зерна с жидким компонентом (рис. 1).

Рабочий процесс внесения консервантов в поток зерна осуществляется следующим образом: зерно поступает через приемный патрубок в бункер накопитель (1) и за счет поднятия обечайки дозатора (3) направляется на диск (5) распределительного устройства, на котором формируется слой зерна определенной величины. При вращении вала (8), на котором жестко закреплены дебаланс (9) и тарельчатый распылитель жидкого компонента (11), распределительное устройство совершает колебательные движения. В результате вибрации зерновой мате-

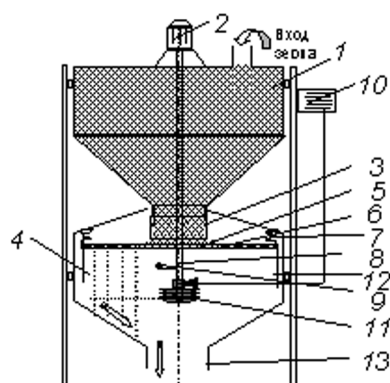


Рис. 1. Модуль дозирования-смешивания сыпучих и жидких компонентов: 1 – бункер накопитель, 2 – электродвигатель; 3 – дозатор зерна, представляющий регулируемую по высоте обечайку, 4 – камера смешивания, 5 – диск распределительного устройства, 6 – перфорированная поверхность распределительного устройства, 7 – виброподвеска, 8 – подвижный вал; 9 – дебаланс, 10 – дозатор жидкого компонента, 11 – тарельчатый распылитель жидкого компонента, 12 – отбойный фартук; 13 – выгрузной патрубок

риал, находящийся на диске (5) распределительного устройства, начинает двигаться во взвешенном состоянии по перфорированной поверхности (6), просыпаясь через ее отверстия. В результате этого в камере смешивания образуется равномерный кольцевой поток зерна, на который наносится мелко распыленный жидкий компонент, поступающий из дозатора (10) посредством центробежного тарельчатого распылителя (11).

Исследования, которым посвящена данная статья, направлены на изучение параметров, влияющих на формирование потока сыпучего материала в камере смешивания установки консервирования зерна.

Отличительной особенностью конструкции рабочего органа рассматриваемой установки является совмещение в одном устройстве нескольких элементов: распределительного устройства зерна, центробежного тарельчатого распылителя жидкого компонента и самих дозирующих элементов сыпучего и жидкого компонентов. Распределительное устройство под действием вибрации позволяет равномерно перераспределить поток зернового материала по периметру камеры смешивания, а за счет режимов вибрации организовывать необходимую подачу материала и его сепарацию через перфорируемую поверхность кольцевого решета с заданной концентрацией в камере смешивания. Центробежный тарельчатый распылитель, в свою очередь, отвечает за создание равномерной зоны капельного потока жидкого компонента и нанесение его на зерновой материал.

Процесс сепарации зернового материала через перфорированную поверхность распределительного устройства определяется режимами вибрации, побуждающими движение материала в рабочем органе. При этом траектория движения зернового материала по распределительному устройству рассматриваемого рабочего органа может быть описана системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x'' = R\omega^2 \cos(\epsilon) \cos(\omega t) + f(R\omega^2 \sin(\epsilon) \cos(\omega t) + g) \frac{x'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}, \\ y'' = R\omega^2 \cos(\epsilon) \sin(\omega t) + f(R\omega^2 \sin(\epsilon) \cos(\omega t) + g) \frac{y'}{\sqrt{(x')^2 + (y')^2}}, \\ z'' = -R\omega^2 \sin \epsilon \cos(\omega t) - g, \end{cases} \quad (1)$$

где x'', y'', z'' – проекции вектора ускорения частицы зернового материала на подвижные оси координат $O'x, O'y, O'z$ соответственно; x', y' – проекции вектора скорости частицы зернового материала на подвижные оси координат $O'x, O'y$ соответственно; t – время движения; ω – окружная скорость вращения вала системы; R – полная амплитуда колебаний точки распределительного устройства; ϵ – угол направленности колебаний в вертикальной плоскости; f – коэффициент трения скольжения частицы по поверхности распределительного устройства; g – ускорение свободного падения.

Из теории движения частиц по колеблющимся горизонтальным поверхностям известно [5], что нормальная реакция частицы на плоскость зависит не только от силы тяжести, но и от вертикальной составляющей силы инерции, приложенной к частице. Последняя зависит от вертикальной составляющей амплитуды колебаний при постоянных остальных параметрах, поэтому сила нормального давления будет функцией расстояния от главной вертикальной оси до текущей точки. Кроме того, нормальная реакция является периодической функцией времени, так как ее составляющая зависит от силы инерции. При одних и тех же совокупностях параметров машины и ее динамических факторов наблюдаются зоны движения частицы без отрыва и с отрывом от плоскости. Дифференциальные уравнения движения частицы для этих зон не одинаковы, следовательно, различны их решения.

Движение частицы зернового материала без отрыва от поверхности распределительного устройства, согласно [6], будет характеризоваться системой уравнений

$$\begin{cases} x'' = -R\omega^2 \cos(\epsilon) \cos(\omega t) - f(R\omega^2 \sin(\epsilon) \cos(\omega t) + g) \frac{x'}{\sqrt{(x'')^2 + (y'')^2}}, \\ y'' = -R\omega^2 \cos(\epsilon) \sin(\omega t) - f(R\omega^2 \sin(\epsilon) \cos(\omega t) + g) \frac{y'}{\sqrt{(x'')^2 + (y'')^2}}. \end{cases} \quad (2)$$

Однако через определенный промежуток времени движения вертикальная составляющая амплитуды колебаний $R\sin(\epsilon)$ увеличивается настолько, что сила инерции по абсолютной величине становится равной силе тяжести частицы или даже превосходит ее. В этот момент происходит отрыв частицы от плоскости. Время, характеризующее отрыв зерновки от горизонтальной плоскости, можно определить из равенства

$$t_n = \frac{1}{\omega} \arccos\left(\frac{g}{R\omega^2 \sin(\epsilon)}\right) \quad (3)$$

С учетом того, что нормальная реакция будет равна 0, движение частицы с отрывом от горизонтальной плоскости можно описать системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x'' = R\omega^2 \cos \epsilon \cos(\omega t), \\ y'' = R\omega^2 \cos \epsilon \sin(\omega t), \\ z'' = -R\omega^2 \sin \epsilon \cos(\omega t) - g. \end{cases} \quad (4)$$

Так как в предлагаемой установке силой, побуждающей к движению и сепарации зернового материала, является вибрационный процесс, то можно утверждать, что функция распределения зернового материала в камере смешивания будет зависеть от следующих параметров: ω – окружная скорость вращения вала системы; массовых параметров рабочего органа: M – массы колеблющейся части рабочего органа, m – массы дебаланса; параметров, определяющих момент возмущающей силы: x_d, z_d – расположение вращающейся точечной массы дебаланса относительно неподвижной системы координат $O'xyz$.

Анализ зависимостей (2)–(4) показывает, что при постоянных конструктивных и массовых параметрах оборудования, изменяя окружную скорость вращения вала рабочего органа или момент возмущающей силы, можно сужать или расширять как зону движения частицы без отрыва от плоскости, так и зону движения частицы с отрывом от нее. Значения окружной скорости и момента возмущающей силы обуславливаются режимами работы оборудования.

Рассматриваемый процесс зависит от концентрации материала на перфорированной поверхности рабочего органа, а значит от подачи зернового материала Q_3 в установку. В свою очередь, помимо рассмотренных выше параметров подачу определяют конструктивные параметры дозирующего устройства: радиус и высота поднятия обечайки дозатора $r_{об}, h_{об}$ соответственно; параметры распределительного устройства: радиус диска r_d , ширина перфорированной поверхности $H_{реш}$, а также форма и расположение отверстий на его перфорированной части.

Анализируя конструкцию дозирующего устройства, нетрудно заметить, что обеспечить одинаковую подачу в рабочем органе при фиксированных режимах вибрационного процесса можно как за счет изменения диаметра обечайки $D_{об} = 2r_{об}$, так и за счет изменения высоты ее поднятия. На практике удобнее варьировать высотой поднятия обечайки дозирующего устройства. Другой же параметр – диаметр $D_{об}$, с целью уменьшения габаритов рабочего органа, достаточно зафиксировать на минимально возможном уровне с учетом стабильного протекания технологического процесса. При этом можно использовать уже готовые конструкторские решения. Вследствие этого в экспериментальных исследованиях вместо двух варьируемых факторов $r_{об}$ и $h_{об}$ целесообразно использовать один безразмерный параметр – отношение $h_{об}/D_{об} = h_{об}/2r_{об}$, который может выступать как параметр подобия при расчете и регулировке дозирующих устройств в установках предлагаемого типа.

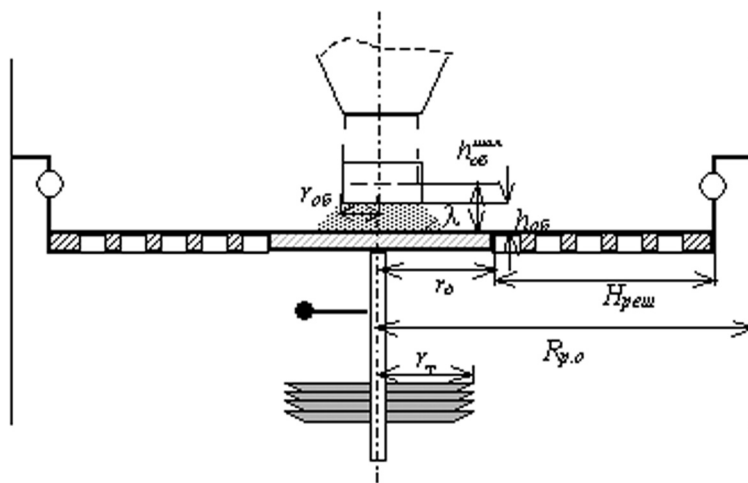


Рис. 2. Схема для обоснования параметров диска рабочего органа

Диск распределительного устройства в конструкции установки выполняет следующие функции. Первая – формирование равномерного движения потока зерна к перфорированной поверхности. Вторая – предотвращение саморазгрузки на перфорированную поверхность при максимально открытой обойме дозатора в момент остановки вала вибратора. Третья – предотвращение попадания зерна на поверхность тарельчатого распылителя, что может повлиять на образование капельного потока жидкого компонента.

Из изложенного следует, что радиус диска должен быть больше радиуса тарельчатого дозатора (рис. 2), т. е. $r_d = kr_T$, где $k \geq 1$ – коэффициент, учитывающий смещение траектории падения частицы при сепарации в сторону центра симметрии установки. Опытным путем было установлено, что в зависимости от вида обрабатываемого материала k варьирует в пределах $k \in [1,05; 1,2]$.

С другой стороны, величина диска жестко связана с параметрами питателя (рис. 2), следовательно, должна быть больше величины основания, сформированного зернового конуса, т. е.

$r_d = r_{об} + \frac{h_{об}^{max}}{\operatorname{tg}(\lambda)}$, где λ – угол естественного откоса обрабатываемого материала; $r_{об}$ – радиус обечайки дозатора; $h_{об}^{max}$ – высота максимального подъема обечайки.

Это соотношение гарантирует удерживание материала на диске при полном открытии обечайки и неработающем электродвигателе.

Так как на основании экспериментальных исследований было установлено, что $r_{об} + \frac{h_{об}^{max}}{\operatorname{tg}(\lambda)} > kr_T$, то величину диска можно принять равной

$$r_d = r_{об} + \frac{h_{об}^{max}}{\operatorname{tg}(\lambda)}. \quad (5)$$

Это значит, что радиус диска распределительного устройства зависит от геометрических параметров дозирующего устройства сыпучего компонента, т. е. мы можем исключить этот параметр из рассмотрения при проведении экспериментальных исследований.

Предположим, что при открытии обечайки рабочий орган обеспечивает некоторую подачу зернового материала Q_3 из бункера накопителя к перфорированной поверхности распределительного устройства. Тогда эта величина может быть определена по формуле

$$Q_3 = \pi r_{об}^2 V \gamma_{з.м.},$$

где Q_3 – подача зернового материала; $r_{об}$ – радиус обечайки дозатора; V – скорость движения потока материала в дозаторе сыпучего материала; $\gamma_{з.м.}$ – объемная масса зерна.

С другой стороны, данная подача будет определяться режимами вибрационного процесса и интенсивностью сепарации материала через перфорированную поверхность распределительного устройства. Вследствие неразрывности потока можно утверждать, что по элементам рабочего органа будет перемещаться некоторый объем зерновой материала V_3 в единицу времени с одинаковой объемной массой $\gamma_{з.м.}$, связанный с подачей соотношением $Q_3 = V_3 \gamma_{з.м.}$ (рис. 3). При этом в установившемся режиме работы оборудования зерновой материал образует на поверхности распределительного устройства усеченный конус с основаниями $2R_{р.о}$ и $2r_{об}$.

Уравнение прямолинейной образующей этого конуса будет иметь следующий вид:

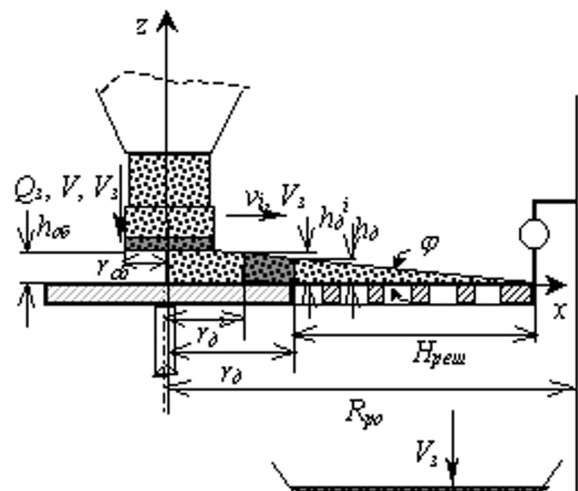


Рис. 3. Схема для обоснования подачи материала рабочим органом

$$\frac{x - r_{об}}{R_{п.о} - r_{об}} = \frac{z - h_{об}}{-h_{об}}, \quad (6)$$

где x, z – текущие координаты точки, находящейся на прямолинейной образующей.

Разрешив уравнение (6) относительно x , получим

$$x(z) = \frac{r_{об} - R_{п.о}}{h_{об}}(z - h_{об}) + r_{об} \quad (7)$$

($R_{п.о}$ – радиус рабочего органа).

Тогда объемную подачу материала можно найти по формуле

$$V_3 = \frac{v_{ср}}{r_d} \left[\pi(r_d - r_d^i)^2 h_d + \pi \int_{h_d}^{h_d^i} (x(z))^2 dz \right], \quad (8)$$

где $v_{ср}$ – средняя скорость потока зернового материала на диске рабочего органа; r_d^i – расстояние от оси вращения вала рабочего органа до точки, начиная с которой объем материала, равный V_3 , смещается на перфорированную поверхность распределительного устройства в единицу времени; h_d^i, h_d – величина слоя зернового материала на расстоянии r_d^i и r_d соответственно.

Средняя скорость зернового потока на диске $v_{ср}$ определяется на основании зависимостей (2)–(4) с использованием физического смысла производной.

Параметры h_d и h_d^i рассчитываются по следующим формулам:

$$h_d = \frac{(R_{п.о} - r_d)h_{об}}{R_{п.о} - r_{об}} = \frac{H_{реш}h_{об}}{R_{п.о} - r_{об}},$$

$$h_d^i = \frac{(R_{п.о} - r_d^i)h_{об}}{R_{п.о} - r_{об}},$$

где $H_{реш}$ – ширина перфорированной поверхности распределительного устройства, которая может быть определена на основании вероятностного смысла процесса.

Тогда подачу материала рассчитываем по формуле

$$Q_3 = V_3 \gamma_{з.м}. \quad (9)$$

Анализируя данную зависимость, можно сказать, что Q_3 есть функция, зависящая от параметров $\omega, R, \varepsilon, r_{об}, h_{об}$ и физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Поверхность, по которой движется материал, представляет собой перфорированное кольцо шириной $H_{реш}$, расположенное в горизонтальной плоскости, отстоящее от центра масс системы на расстоянии r_d и ограниченное цилиндрическим корпусом установки на расстоянии $R_{п.о}$. Согласно [5], форма отверстий перфорированной поверхности предопределяется характером движения материала по ней. Для работы решета с круглыми отверстиями необходимо постоянное встряхивание материала (отрыв его от поверхности). Это позволяет частицам материала переориентироваться в пространстве и занять положение между кромками отверстий. Работа же решет с продолговатыми отверстиями встряхивания не требует, так как оно только мешает сепарации, которая хорошо протекает при скользящем движении материала без отрыва его от поверхности.

Однако на основании технических характеристик использованного в установке тарельчатого распылителя консерванта и проведенных теоретических исследований было установлено, что необходимая полнота обработки зернового материала может быть достигнута при угловых ско-

ростях вращения подвижного вала свыше 157 рад/с. В этих диапазонах изменения угловой скорости частицы материала в основном двигаются с отрывом от поверхности решета, поэтому выбор формы отверстий был predetermined рабочим диапазоном угловых скоростей вращения подвижного вала. В экспериментальных исследованиях использовали поверхности с круглыми отверстиями.

Вероятность прохождения материала через рабочий орган пропорционально увеличению общего их количества на единице поверхности решета. На практике это достигается за счет расположения отверстий в шахматном порядке. Для прямоугольных решет с круглыми отверстиями показатель, характеризующий их пропускную способность, является фиксированной величиной, называемой коэффициентом перфорации решета $k_{\text{пер}}$ (отношение суммарной площади всех отверстий к площади решета).

Применительно к нашему случаю коэффициент перфорации определяется по формуле

$$k_{\text{пер}} = \frac{\sum_i S_{\text{отв}}}{S_{\text{реш}}} = \frac{n r_{\text{отв}}^2}{H_{\text{реш}}^2} = \frac{n \left(\frac{d_{\text{отв}}}{2}\right)^2}{H_{\text{реш}}^2}, \quad (10)$$

где $r_{\text{отв}}$ ($d_{\text{отв}}$) – радиус (диаметр) отверстия; $H_{\text{реш}} = R_{\text{р.о}} - r_{\text{д}}$ – величина участка рабочей поверхности решета; n – количество отверстий на рассматриваемой поверхности.

Очевидно, что наибольшей пропускной способностью будут обладать те решета, у которых наибольший коэффициент перфорации $k_{\text{пер}}$. Можно заметить, что этот параметр заведомо меньше единицы ($k_{\text{пер}} < 1$), так как сохранить размер и форму пробитого отверстия, а также жесткость и прочность всей конструкции, учитывая, что она находится под вибрацией, можно лишь в том случае, когда смежные друг с другом отверстия пробиваются на некотором, вполне определенном расстоянии. Обозначим это расстояние $\Delta d_{\text{отв}}$ (промежуток между кромками отверстий) (рис. 4), оно будет определяться свойствами материала, из которого изготавливаются решета. Применительно к листовому железу, руководствуясь [5], можно отметить, что промежуток между кромками отверстий подчиняется следующей эмпирической зависимости:

$$\Delta d_{\text{отв}} = 0,0009 \cdot \sqrt{1000 d_{\text{отв}}}. \quad (11)$$

Равномерность сепарации материала при прохождении решета, находящегося под вибрацией, можно организовать, обеспечив однородность рассматриваемой системы по периметру решета относительно центра масс. С учетом этого возможны два варианта расположения отверстий в шахматном порядке по рабочей поверхности решета:

первый вариант – три смежных отверстия располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга, имея центры по вершинам правильного треугольника (рис. 5, а);

второй вариант – три смежных отверстия располагаются по вершинам равнобедренного прямоугольного треугольника (рис. 5, б).

В нашем случае, когда важна большая однородность системы, предпочтительнее выглядит первое расположение отверстий на решетке, так как именно оно обеспечивает однородность системы по трем направлениям от центра масс [6] в отличие от второго, обеспечивающего однородность только в двух направлениях.

Поэтому в рассматриваемой установке (рис. 5) центры отверстий располагаются в шахматном порядке на пересечении прямых, отстоящих друг от друга на расстоянии

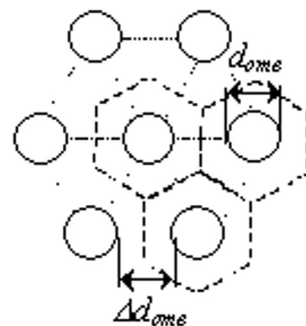


Рис. 4. Расположение отверстий на перфорированной поверхности распределительного устройства

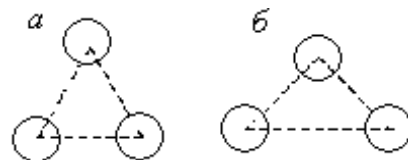


Рис. 5. Возможные варианты размещения отверстий на перфорированной части рабочего органа: а – по вершинам правильного треугольника; б – по вершинам равнобедренного, прямоугольного треугольника

$$r_{\text{яч}} = \frac{d_{\text{отв}} + \Delta d_{\text{отв}}}{2} = \frac{d_{\text{отв}} + 0,0009 \cdot \sqrt{1000d_{\text{отв}}}}{2} = \frac{d_{\text{отв}} + 0,009 \cdot \sqrt{10d_{\text{отв}}}}{2} \quad (12)$$

с направляющими векторами, расположенными под углом 30° друг к другу. Причем для однородности системы центр масс должен располагаться в одной из точек пересечения этих прямых, а кромки перфорированного кольца ограничены окружностями, вписанными в правильные шестиугольники, образованные «слоями» отверстий. Можно заметить, что каждый последующий «слой» отверстий при удалении от центра масс будет увеличиваться на 6 отверстий. Так, 0-й слой – центр масс, 1-й слой будет иметь 6 отверстий, окружающих центр масс, 2-й – 12 отверстий, ... m -й слой – $6m$ отверстий.

Тогда перфорированное кольцо можно разбить на ячейки, имеющие форму правильного шестиугольника с площадью

$$S = \frac{6R_{\text{яч}}^2}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{6}\right) = \frac{3\sqrt{3} \cdot R_{\text{яч}}^2}{2}$$

($R_{\text{яч}}$ – радиус описанной окружности около рассматриваемого шестиугольника).

Нетрудно заметить, что радиус вписанной в шестиугольник окружности $r_{\text{яч}}$ связан с радиусом описанной окружности следующим соотношением:

$$r_{\text{яч}} = \sqrt{R_{\text{яч}}^2 - \frac{R_{\text{яч}}^2}{4}} = \frac{\sqrt{3} \cdot R_{\text{яч}}}{2}. \quad (13)$$

Тогда обратная зависимость будет выглядеть так:

$$R_{\text{яч}} = \frac{2r_{\text{яч}}}{\sqrt{3}} = \frac{d_{\text{отв}} + \Delta d_{\text{отв}}}{\sqrt{3}}. \quad (14)$$

При расположении отверстий и кромок перфорированного кольца, показанном на рис. 6, коэффициент перфорации можно считать величиной постоянной при фиксированном диаметре отверстия и не зависящей от количества отверстий. Величина коэффициента перфорации $k_{\text{пер}}$ будет стремиться к относительной живой площади отверстия μ , которую можно определить по формуле

$$k_{\text{пер}} \rightarrow \mu = \frac{S_{\text{отв}}}{S_{\text{ш}}} = \frac{\pi d_{\text{отв}}^2}{2\sqrt{3}(d_{\text{отв}} + \Delta d_{\text{отв}})^2} = \frac{\pi d_{\text{отв}}^2}{2\sqrt{3}(d_{\text{отв}} + 0,0009 \cdot \sqrt{1000d_{\text{отв}}})^2} = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\left(1 + 0,009 \cdot \sqrt{\frac{10}{d_{\text{отв}}}}\right)^2}. \quad (15)$$

Немаловажную роль в процессе сепарации материала играет взаимодействие частицы материала с кромками отверстий перфорированной поверхности. Вероятность прохождения материала через отверстия в первом приближении можно определять как вероятность прохождения его без столкновения с кромками отверстия [7]. Вероятность прохождения шаровидной частицы, движущейся вертикально через отверстие неподвижного горизонтального решета, определяется как отношение площади зоны отверстия, попадание в которую центра масс частицы материала гарантирует ее прохождение через отверстие, ко всей площади отверстия. Для круглых отверстий эту вероятность можно найти по формуле

$$p = \frac{\pi(r_{\text{отв}} - r_{\text{ч}})^2}{\pi r_{\text{отв}}^2} = (1 - v)^2, \quad (16)$$

где $v = \frac{r_{\text{ч}}}{r_{\text{отв}}}$ – безразмерная величина, характеризующая соотношение эквивалентного радиуса частицы обрабатываемого материала к радиусу отверстия.

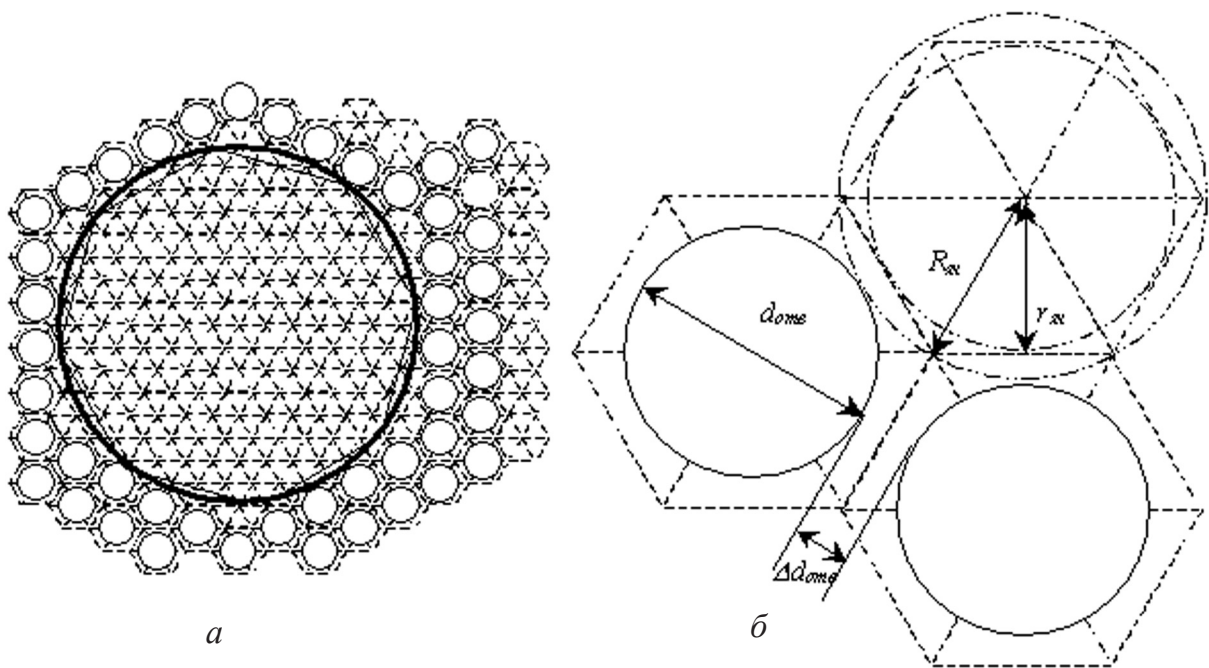


Рис. 6. Общий вид и параметры расположения отверстий на перфорированной поверхности распределительного устройства: *а* – общий вид расположения отверстий на решетке; *б* – параметры, характеризующие расположение отверстий на перфорированной поверхности

Однако для решета под вибрацией (рис. 7) попадание частицы материала в отверстие еще не свидетельствует о полной возможности прохождения через него [6]. Во-первых, при поступательном движении решета площадь отверстия изменится. Эту площадь в дальнейшем будем называть фиктивной площадью отверстия S_{ϕ} . Ее можно определить как площадь круга, радиус которого меньше радиуса отверстия на величину смещения точки поверхности распределительного устройства:

$$S_{\phi} = \pi (r_{\text{отв}} - r_{\text{ч}} - c)^2,$$

где $c = R \cos(\epsilon)$; R – полная амплитуда колебания решета; ϵ – угол направленности колебаний в вертикальной плоскости, рад.

Это значит, что вероятность просыпания через единичное отверстие уменьшится и может быть определена по формуле

$$p = \frac{\pi(r_{\text{отв}} - r_{\text{ч}} - c)^2}{\pi r_{\text{отв}}^2} = (1 - v - v_1)^2$$

($v_1 = \frac{c}{r_{\text{отв}}}$ – безразмерная величина, характеризующая соотношение величины сдвига к радиусу отверстия).

Анализ литературных источников [5, 7] показывает, что сепарации материала через решето будет способствовать вертикальная составляющая амплитуды колебательного движения α_v . Полная амплитуда колебания решета R , вертикальная составляющая амплитуды колебательного движения α_v и угол направленности колебаний в вертикальной плоскости ϵ зависят от вышеприведенных параметров, побуждающих вибрацию, и величин, определяющих моменты активных сил.

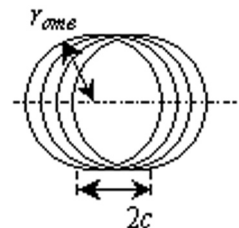


Рис. 7. Фиктивная площадь отверстия

Выводы

1. Процесс формирования потока зернового материала в камере смешивания установки консервирования зерна при его сепарации через перфорированную поверхность распределительного устройства зависит от:

- 1) окружной скорости вращения вала рабочего органа – ω ;
- 2) массовых параметров рабочего органа: M – массы колеблющейся части рабочего органа, m – массы дебаланса, которые в экспериментальных исследованиях целесообразно заменить безразмерным параметром, который назовем относительной массой колеблющейся части установки $\delta_M = m/M$;
- 3) параметров, определяющих момент возмущающей силы: x_d , z_d , которые в экспериментальных исследованиях целесообразно заменить безразмерным параметром $\delta_d = z_d/x_d$, который будем называть относительной величиной расположения дебаланса относительно центра масс;
- 4) конструктивных параметров дозатора сыпучего компонента: радиуса и высоты поднятия обечайки, соответственно $r_{об}$ и $h_{об}$, которые целесообразно использовать в экспериментах как один безразмерный параметр, равный $\delta_{об} = h_{об}/D_{об} = h_{об}/2r_{об}$;
- 5) безразмерной величиной v , характеризующей соотношение радиуса частицы обрабатываемого материала к радиусу отверстия.

2. Параметры r_d , $k_{пер}$, $H_{реш}$, v_1 можно исключить из рассмотрения при построения эмпирической зависимости изучаемого процесса ввиду того, что они определяются перечисленными в выводе 1 параметрами.

Литература

1. Шаршунов В. А., Червяков А. В., Курзенков С. В. Состояние и тенденции применения новых ресурсосберегающих технологий при производстве комбикормов М.: Девятка Принт, 2004. 136 с.
2. Червяков А. В. Повышение эффективности хранения фуражного зерна при производстве комбикормов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: Материалы науч.-практ. конф. Горки: БГСХА, 2007. С. 126–134.
3. Киров Н., Божинова О., Недялков Л. Консервирование влажного зерна. М.: Колос, 1982. 159 с.
3. Червяков А. В., Курзенков С. В., Иващенко Л. М. Результаты испытаний установок консервирования зерна УКЗ-20 и УКЗ-50. // Материалы науч.-практ. конф. Горки: БГСХА, 2007. С. 152–156.
4. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1955. 764 с.
5. Заика П. М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. М.: Машиностроение, 1977. 277 с.
6. Леонтьев П. И. Исследование работы виброрешет при сепарации мелких семян // Проблемы сепарирования зерна и других сыпучих материалов: Тр. науч. конф. М.: ВНИИЗ, 1963. Вып. 42. С. 145–151.

V. A. SHARSHUNOV, A. V. CHERVYAKOV, S. V. KURZENKOV

STUDY OF THE PARAMETRES OF A LOOSE MATERIAL STREAM IN THE MIXING CHAMBER OF THE INSTALLATION FOR GRAIN CONSERVATION

Summary

The article presents the analysis allowing the definition of the parameters influencing the process of formation of a grain material stream in the mixing chamber of the installation for grain conservation. The mathematical models defining the dynamics of movement of a grain material over a surface of a distributor, and also the dependences allowing the calculation of material supply, designing and geometrical parameters of working body elements are proposed.

The results of the work done will be used for planning experimental researches of the studied process and for calculating installations of offered design.