

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА К РАБОЧИМ ОРГАНАМ МОЛОТКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

ЕЛИСЕЕВ Михаил Семенович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЕЛИСЕЕВ Иван Иванович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

РЫБАЛКИН Дмитрий Алексеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

При анализе рабочего процесса истечения исследуемых измельчаемых материалов (лузга подсолнечника, шелуха гречихи, проса) из горловины загрузочного бункера, нами был выявлен ряд проблем, снижающих эффективность процесса подачи измельчаемых материалов к рабочим органам молоткового измельчителя. Основными являются неравномерное истечение измельчаемого материала, сводообразование, наличие «мертвых» зон в полости загрузочного бункера, образование срединного течения и колебание производительности до 16 лет (с летальными исходами и ранениями).

Важным конструктивным элементом в молотковых дробилках является загрузочный бункер, который является промежуточной емкостью, обеспечивающей стабильность процесса истечения измельчаемого материала к рабочим органам дробилки.

Вопросом истечения сыпучих материалов из бункеров занимались многие исследователи [1, 4–6].

Известно, что истечение измельчаемых материалов из загрузочного бункера бывает нормальным, сплошным и гидравлическим. При нормальном истечении частицы находятся лишь в зоне столба материала, расположенного над выгрузным отверстием бункера (рис. 1, а). Свободная поверхность измельчаемого материала представляет собой воронку, вдоль стенок которой частицы измельчаемого материала перемещаются в центральную зону. Материал, расположенный около стенок бункера, образует так называемые «мертвые» зоны. В этих зонах частицы измельчаемого материала неподвижны до тех пор, пока воронка, образовавшаяся на поверхности измельчаемого материала, не достигнет нижней части загрузочного бункера.

При сплошном истечении все частицы измельчаемого материала в загрузочном

бункере находятся одновременно в движении (рис. 1, б) [4, 5]. Свободная поверхность измельчаемого материала не имеет четко выраженной воронки, все точки этой поверхности опускаются одновременно. При сплошной форме истечения в загрузочном бункере отсутствуют «мертвые» зоны, что позволяет выравнивать неравномерный поток измельчаемого материала.

Гидравлическое истечение происходит при выпуске из бункера сильно аэрированного измельчаемого материала, а также при интенсивных его вибрациях.

Опыт применения различных конструкций загрузочных бункеров выявил ряд проблем истечения сыпучих материалов, снижающих эффективность процесса подачи измельчаемых материалов к рабочим органам молоткового измельчителя. Основными из них являются: неравномерное истечение, сводообразование, наличие «мертвых» зон в полости загрузочного бункера, образование срединного течения и колебание производительности [1, 4–6]. Указанные недостатки приводят к колебаниям производительности затарочных устройств и молотковых дробилок.

Для решения данных проблем, многие исследователи предлагают различные конструкции питателей [3–5]. Наибольшее рас-



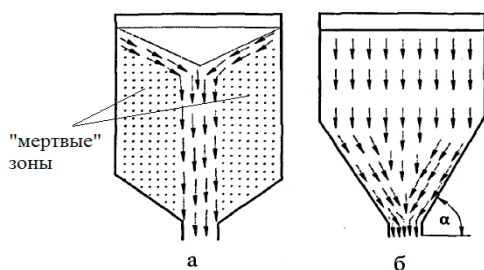


Рис. 1. Схемы истечения сыпучих материалов из бункеров:
а – нормальное; б – сплошное

пространение получили питатели с вращающимся рабочим органом лопастного типа. Конструкции данных питателей не способны обеспечить подачу измельчаемого материала в виде лужки с постоянной плотностью, поэтому подача измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя имеет непостоянный характер, что ведет к уменьшению производительности.

Повысить эффективность процесса подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя можно за счет совершенствования питающего устройства (разработкой конструкции и теоретическим обоснованием рабочего процесса питающего устройства, позволяющего равномерно подавать измельчаемый материал к рабочим органам молоткового измельчителя).

В предлагаемой нами конструкции молоткового измельчителя [2] для обеспечения эффективного истечения измельчаемого материала из горловины загрузочного бункера к рабочим органам необходимо учитывать его основные физико-механические свойства. Кроме того, на процесс истечения также влияют геометрические параметры и наклон стенок загрузочного бункера, форма и расположение выходного отверстия, наличие в загрузочном бункере средств для активизации истечения измельчаемого материала и др. [1, 3–6].

Насыпная плотность исследуемых нами измельчаемых материалов (лужки подсолнечника, шелухи гречихи, проса) составляет 120...270 кг/м³, что приводит к их плохой сыпучести независимо от применяемых загрузочных бункеров и их формы. Это в свою очередь приводит к неравномерной подаче измельчаемых материалов к рабочим органам молотковой дробилки, снижая тем самым его производительность.

Нами было разработано устройство для равномерной подачи, установленное в гор-

ловине загрузочного бункера [2]. Устройство представляет собой питатель с вращающимся рабочим органом, противоположные стороны которого повернуты относительно друг друга на угол 45°, что позволяет повысить точность и равномерность подачи измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя за счет стабилизации насыпной плотности независимо от уровня материала в загрузочном бункере.

Форма желоба устройства представляет собой круговой сегмент, охватывающий полностью горловину загрузочного бункера, что также оказывает влияние на равномерность подачи измельчаемого материала.

Для обеспечения ориентированной подачи измельчаемого материала при рабочем процессе предлагаемого устройства происходит срезание слоя измельчаемого материала от общего его потока, а также при его прохождения внутри корпусом устройства происходит частичное подпрессовывание.

Для разработанной конструкции устройства были проведены теоретические исследования процесса истечения измельчаемого материала к рабочим органам молоткового измельчителя.

Теоретическую производительность устройства для ориентированной подачи можно определить по формуле

$$Q_y = 60S_{\text{ж}}l_{\text{ж}}znpK_i, \quad (1)$$

где $S_{\text{ж}}$ – площадь поперечного сечения отсека, м²; $l_{\text{ж}}$ – рабочая длина желоба, м; z – число желобов устройства; n – частота вращения ротора, мин⁻¹; ρ – насыпная плотность измельчаемого материала, т/м³; K_i – коэффициент использования объема желоба ($K_i = 0,95$).

При этом объем желоба

$$V_{\text{ж}} = S_{\text{ж}}l_{\text{ж}},$$

где $l_{\text{ж}} = 1,2l$.

Выходное отверстие загрузочного бункера представляет собой прямоугольник (рис. 2) со сторонами B и l , где l – длина ротора устройства, а B – длина хорды окружности радиусом R_y , равная [3]:

$$B = 2R_y \sin \frac{\varphi}{2}.$$



Тогда площадь S сечения выходного отверстия загрузочного бункера можно определить по формуле

$$S = Bl = 2lR_y \sin \frac{\varphi}{2}. \quad (2)$$

Скорость истечения v_n измельчаемого материала находят по выражению

$$v_n = \lambda \frac{Q_y}{\rho S}, \quad (3)$$

где λ – коэффициент, учитывающий влияние сил внутреннего трения в измельчаемом материале, а также трения его о стенки загрузочного бункера.

Подставим в формулу (3) выражения (1) и (2), получим:

$$v_n = \lambda \frac{30VznK_i}{lR_y \sin \frac{\varphi}{2}}. \quad (4)$$

Рабочий процесс устройства осуществляется следующим образом.

Пусть лопасть 1 находится в крайнем правом, относительно горловины загрузочного бункера, положении. При угловом перемещении вала устройства лопасть 1 срезает вертикальный поток измельчаемого материала в желоб 1–2, следом начинает заполняться желоб 2–3 за счет повернутых друг относительно друга противоположных сторон устройства. Заполнение желобов происходит в секторе длиной $l_{ж}$ и углом φ , стягивающим две соседние его лопасти. Процесс среза и истечения измельчаемого материала происходит одновременно, непрерывно и независимо друг от друга.

Процесс срезания слоя измельчаемого материала лопастями устройства является

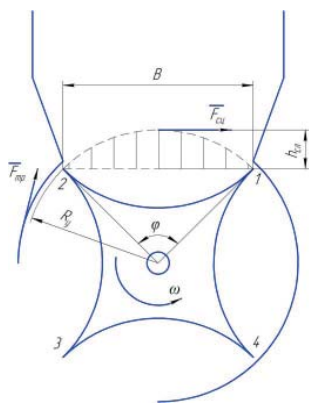


Рис. 2. Схема к расчету рабочего процесса питающего устройства

бесконечным за счет поворота его лопастей на угол 45° .

Объем измельчаемого материала, попавшего в желоб устройства для ориентированной подачи, рассчитывают по формуле

$$V = S_{\text{общ}} l_{ж} K_i, \quad (5)$$

где $S_{\text{общ}}$ – общая площадь сечения измельчаемого материала, поступившего в желоб устройства, m^2 ; $l_{ж}$ – рабочая длина желоба, м.

Площадь поперечного сечения желоба устройства определяют по формуле

$$S_{ж} = \frac{1}{2} R_y^2 \left(\frac{\pi \varphi}{180^\circ} - \sin \varphi \right),$$

где R_y – радиус устройства для ориентированной подачи, м; φ – центральный угол желоба устройства, град.

Поперечное сечение измельчаемого материала, срезаемого лопастью, представлено на рис. 2 заштрихованной областью. Как следует из приведенной схемы, общая площадь сечения измельчаемого материала, попавшего в желоб устройства, можно определить по формуле

$$S_{\text{общ}} = R_y^2 \left(\frac{\pi \varphi}{180^\circ} - \sin \varphi \right). \quad (6)$$

Также объем желоба можно найти по формуле

$$V = \frac{m}{\rho},$$

где m – общая масса измельчаемого материала, заполнившего желоб, кг.

Тогда масса измельчаемого материала, заполнившая полностью желоб, при срезании слоя одной лопастью устройства при повороте на угол $\varphi = \pi/2$ равна:

$$m = \rho R_y^2 \left(\frac{\pi \varphi}{180^\circ} - \sin \varphi \right) l_{ж} K_i. \quad (7)$$

Как видно из формулы (7), масса измельчаемого материала m , заполнившего желоб устройства для ориентированной подачи, зависит от угла его поворота, т.к. противоположные грани устройства повернуты друг относительно друга, а также коэффициента заполнения желоба и плотности измельчаемого материала.

Мощность для привода устройства для ориентированной подачи зависит от внутреннего



сцепления частиц измельчаемого материала, захватываемых лопастью и остающихся в грузочном бункере. Силу сцепления, возникающую при этом, находят по формуле:

$$F_{\text{сц}} = f_{\text{сц}} S G,$$

где $f_{\text{сц}}$ – коэффициент внутреннего сцепления измельчаемого материала; G – сила давления измельчаемого материала на поверхность питателя, Н.

Силу трения измельчаемого материала о внутреннюю поверхность горловины устройства для ориентированной подачи определяют по формуле

$$F_{\text{тр}} = m g f_{\text{сц}}.$$

Крутящий момент на валу устройства для ориентированной подачи находят по формуле [1, 6]:

$$M = k G R_y f_{\text{сц}} + (G + G_0) R_y f_{\text{ц}}, \quad (8)$$

где k – коэффициент, учитывающий крошение измельчаемого материала; G – сила давления измельчаемого материала на питатель, Н; G_0 – собственный вес устройства для ориентированной подачи, Н; $f_{\text{ц}}$ – коэффициент сопротивления в цапфах: для подшипников качения $f_{\text{ц}} = 0,05$.

Мощность привода питателя определяют по формуле [6]:

$$N = \frac{k_{\text{н}} M n}{974 \eta}, \quad (9)$$

где $k_{\text{н}}$ – коэффициент установочной мощности, $k_{\text{н}} = 1,1 \dots 1,2$; η – КПД приводного механизма.

Теоретические исследования позволили получить выражения для определения параметров работы предлагаемого нами питателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алферов К.В., Зенков Р.Л. Бункерные установки. Проектирование, расчет и эксплуатация. – М.: МАШГИЗ, 1955. – 304 с.
2. Елисеев М.С., Загоруйко М.Г., Елисеев И.И., Рыбалкин Д.А. Разработка средств механизации по измельчению отходов переработки бакалейной группы сельскохозяйственной продукции // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 4. – С. 54–57.
3. Загоруйко М.Г. Совершенствование рабочего процесса и обоснование параметров устройства для дозирования сыпучих кормов телятам: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2000. – 24 с.
4. Зенков Р.Л., Гриневиц Г.П., Исаев В.С. Бункерные устройства. – М.: Машиностроение, 1977. – 223 с.
5. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. – М.: Машгиз, 1964. – 251 с.
6. Рогинский Г.А. Дозирование сыпучих материалов. – М.: Химия, 1978. – 176 с.

Рыбалкин Дмитрий Алексеевич, аспирант кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Елисеев Михаил Семенович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Елисеев Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-51.

Ключевые слова: питатель; измельчаемый материал; процесс истечения; устройство для ориентированной подачи.

THE THEORETICAL JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF OPERATION FOR ORIENTED FEEDING OF MILL MATERIAL TO THE WORKING PARTS OF THE HAMMER MILL SHREDDER

Eliseev Mikhail Semenovitch, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Eliseev Ivan Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Rybalkin Dmitry Alexeyevich, Post-graduate Student of the chair "Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: feed track; mill material; outflow process; oriented feeding equipment.

When analyzing work process of mill material outflow (sunflower hulls, buckwheat hulls, millet) from tank neck it was revealed a number of problems that reduce the efficiency of the supply of materials to the working bodies of hammer chopper. The main ones are: irregular outflow of mill material, arching, "dead" zones in the tank, the formation of the median flow and fluctuation of performance.

