

УДК 669.162.1

© Мных А.С.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ЗАГРУЗКИ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ АГЛОШИХТЫ С ЦЕЛЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ

В работе проведено исследование динамики процесса формирования слоя полидисперсного шихтового материала. Предложена методика, позволяющая рассчитать распределение фракционного состава шихты по высоте слоя, и определены параметры рассматриваемых лотков для их эффективной работы. Установлено, что применение составного загрузочного лотка, является наиболее эффективным для обеспечения требуемого распределения фракций материала, что обуславливает возможность стабилизации теплового режима процесса спекания.

Ключевые слова: сегрегация, загрузочный лоток, тепловой режим, горизонт слоя.

Мних А.С. Дослідження систем завантаження полідисперсної аглошихти з метою забезпечення необхідного теплового режиму процесу спікання. В роботі проведено дослідження динаміки процесу формування шару полідисперсного шихтового матеріалу. Запропоновано методику, яка дозволяє розрахувати розподіл фракційного складу шихти по висоті шару, й встановлено параметри лотків для їх ефективної роботи. Встановлено, що застосування складеного завантажувального лотка є найбільш ефективним для забезпечення необхідного розподілу фракцій матеріалу, що обумовлює можливість стабілізації теплового режиму процесу спікання.

Ключові слова: сегрегація, завантажувальний лоток, тепловий режим, горизонт шару.

A.S. Mnyh. Research of polydisperse charge loading systems providing for the desired thermal conditions of the sintering process. Thermal regime of blended materials sintering results from the distribution with height of solid fuel and chemical components in the layer. It depends on the loading mode and fractions segregation across the charge prepared for sintering. Loading in its turn, depends on the loading device, the design of which will influence the forming of the layer of material, and consequently, the fractional composition of separate horizons of the charge stacked on pallets. In the work, a layer of polydisperse charge being loaded onto the pallets of the sinter machine and the layer forming process dynamics have been studied. The way to calculate the fractional composition of the charge distribution with the height of the layer has been put forward by the author and operating range of the tray parameters for the effective work of it has been offered as well. The design of the tray with an air gap and consisting of several parts makes it possible to change the angles of the inclination of the either surface which in its turn influences the rate of the moving particles as well as the width and height of the air gap, thereby providing for the control over the dynamics of the layer formation. Research has led to the conclusion that the use of such a tray is the most effective providing for the desired distribution of the material fractions and consequently for the distribution of solid fuel by horizons of the mixture prepared for sintering, which makes it possible to stabilize the thermal conditions of the sintering process and improve energy efficiency and productivity of the sintering process.

Keywords: segregation, tray, thermal regime, horizon layer.

Постановка проблемы. Энергоэффективность и производительность аглопроцесса существенно зависит от теплового режима спекания шихтовых материалов, который обусловлен

* канд. техн. наук, доцент, Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье, mnikh.anton@gmail.com

характером распределения твердого топлива и химических компонентов по высоте слоя. Последнее зависит от особенностей загрузки и сегрегации фракций материала по горизонтам шихты, подготовленной к спеканию.

Загрузка шихты, в свою очередь, зависит от типа загрузочного устройства, конструктивные особенности которого будут влиять на процесс формирования слоя материала, и как следствие, на фракционный состав отдельных горизонтов уложенной на паллеты шихты.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время существует более 20 систем и устройств по регулированию и управлению подачей и укладкой шихты на агломерационную ленту.

В работе [1] приводится способ загрузки шихты на спекательные тележки путем использования энергии сжатого воздуха. Обработка шихты воздухом при загрузке приводит к сегрегации частиц по крупности, а так же к перераспределению по высоте слоя топлива и известняка. Пневматическая система загрузки позволяет получить слой шихты с более рыхлой структурой. Однако подобная система значительно усложняет загрузочный узел агломашины, затрудняет условия работы агломератчиков из-за повышенной запыленности. К тому же происходит подсушивание гранул шихты, что увеличивает унос частиц твердого топлива, фракционный состав которого составляет порядка 0,5–1 мм.

Предложенная в работе [2] замена наклонного отражательного листа на грохот с переменным сечением отверстий призвана повысить степень сегрегации шихты. Тем не менее, помимо сложности предложенной конструкции, для работоспособности данного загрузочного устройства необходима постоянная очистка валков в связи с налипанием на них частиц шихты. Загрузочное устройство подобной конструкции пригодно для эксплуатации только при производстве железорудных окатышей.

Многочисленные модификации загрузочных устройств приведены в работах [3-4]. В них предлагается усилить сегрегацию шихты с помощью различных приспособлений в виде дополнительного барабана и загрузочного лотка, дополнительного транспортера, устанавливаемого вместо отражательного листа, барабана после отражательного листа и другие.

Существенным недостатком таких загрузочных устройств является то, что они имеют только одну степень свободы. Угол наклона загрузочного лотка, даже с модификациями, связан с высотой слоя шихты синусоидальной зависимостью. Поэтому регулировать степень сегрегации шихты с помощью таких загрузочных систем практически невозможно.

Анализ динамики сегрегационных процессов, протекающих при формировании слоя шихты в результате использования загрузочных устройств различного типа, проводится в работе [5]. Для расположения мелких фракций в верхней части слоя необходимо, чтобы их скорость при сходе с загрузочного лотка равнялась нулю, а крупные частицы должны обладать достаточной кинетической энергией для достижения ими нижних горизонтов слоя. При использовании прямолинейных загрузочных лотков с постоянным углом наклона и коэффициентом трения выполнить первое условие невозможно, т.к. угол наклона лотка должен быть меньше угла внешнего трения мелкой фракции, которая не может самостоятельно перемещаться по его поверхности. К тому же результаты расчетов распределения фракционного состава шихты при использовании прямолинейного лотка [6] показали, что для условий формирования слоя шихты высотой 500 мм и более применение такого лотка не позволяет обеспечить требуемое разделение классов крупности материала по высоте паллеты.

Цель статьи. Результаты моделирования теплового режима процесса спекания [7] позволили сделать вывод, что создание направленной сегрегации гранулометрического состава шихты по высоте слоя позволит обеспечить требуемое распределение топлива и химкомпонентов, тем самым стабилизировать температуру зоны горения. Последнее направлено на повышение производительности агломашин, при условии сокращения расхода твердого топлива и повышения прочности агломерата.

Таким образом, исследование динамики процесса формирования слоя полидисперсного сыпучего материала, при использовании различных загрузочных устройств, является актуальной научной и практической задачей.

В работе необходимо провести исследование и выбор системы загрузки аглошихты с целью обеспечения требуемого теплового режима процесса спекания [8].

Изложение основного материала. Для усиления сегрегационных процессов, протекаю-

щих в слое загружаемого материала, можно использовать лоток с переменным углом наклона, что обеспечивает предварительный разгон частицы с последующим ее торможением на более пологом участке. Последнее дает возможность значительную часть поверхности лотка расположить под углом большим угла внешнего трения мелкой фракции шихты, что уменьшит ее налипание на плоскость движения и улучшит технологические характеристики загрузочного узла.

В работе [6] представлены полученные автором система дифференциальных уравнений плоского движения и зависимости, позволяющие рассчитать скорость движения и путь, пройденный i -й частицей по поверхности лотка и откоса формирующегося слоя. Аналогично, для случая лотка с переменным углом наклона, рис. 1, для режима чистого качения на участке l_1 , скорость движения частицы на участке l_2 составит:

$$V_2 = \sqrt{2ql_2v(\sin \alpha_2 - f_2' \cos \alpha_2) + V_1^2}, \quad (1)$$

где q – ускорение свободного падения, m/c^2 ; f_2' – коэффициент трения качения частицы по стальному лотку; v – коэффициент формы частицы для шара $v = \frac{5}{7}$.

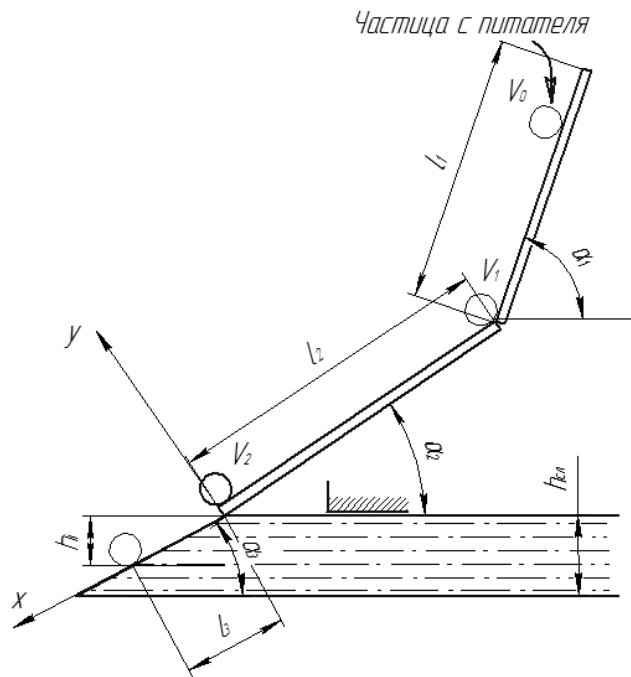


Рис. 1 – Схема движения частицы по лотку с переменным углом наклона

Исходя из того, что начальную скорость движения материала на участке l_1 можно условно принять близкой нулю ($V_0 = 0$), и конечная скорость движения i -й частицы в момент ее остановки на поверхности откоса также равна $V_i = 0$, получим:

$$2ql_3v(\sin \alpha_3 - f_3' \cos \alpha_3) + 2ql_2v(\sin \alpha_2 - f_2' \cos \alpha_2) + 2ql_1v(\sin \alpha_1 - f_1' \cos \alpha_1). \quad (2)$$

Решив (2) относительно l_3 можно рассчитать путь, пройденный отдельной частицей по откосу формируемого слоя, после ее схода с поверхности лотка:

$$l_3 = \frac{l_2(\sin \alpha_2 - f_2' \cos \alpha_2) + l_1(\sin \alpha_1 - f_1' \cos \alpha_1)}{f_3' \cos \alpha_3 - \sin \alpha_3}. \quad (3)$$

Для вывода уравнения, характеризующего распределение фракций материала по высоте слоя, примем $h_i = l_3 \cos \alpha_3$, откуда:

$$h_i = \frac{(l_2(\sin \alpha_2 - f_2' \cos \alpha_2) + l_1(\sin \alpha_1 - f_1' \cos \alpha_1)) \cos \alpha_3}{f_3' \cos \alpha_3 - \sin \alpha_3} \quad (4)$$

Для обеспечения требуемого уровня сегрегации скорость схода мелкой фракции со второй ступени загрузочного лотка должна составлять $V_2 = 0$. Таким образом, из уравнения (3) длина пути, проходимая мелкой фракцией, должна составлять $l_3 = 0$.

В результате расчетов были определены конструктивные характеристики лотка с переменным углом наклона рабочих поверхностей, которые составили: $l_1 = 0,6$ м, $l_2 = 0,4$ м и $\alpha_1 = 56^\circ$, $\alpha_2 = 43^\circ$ соответственно. Загрузочный лоток с такими характеристиками, позволяет обеспечить наилучшую для данной конструкции лотка сегрегацию материала. Полученное распределение фракционного состава шихты представлено на рис. 5, кривая 1.

Повысить сегрегацию массы загружаемого материала, можно путем разделения ее на отдельные фракции, которые затем уложить на заданные горизонты формирующегося слоя. Указанное разделение может быть достигнуто при использовании лотка с прямолинейным верхним участком и закругленным нижним рис. 2.

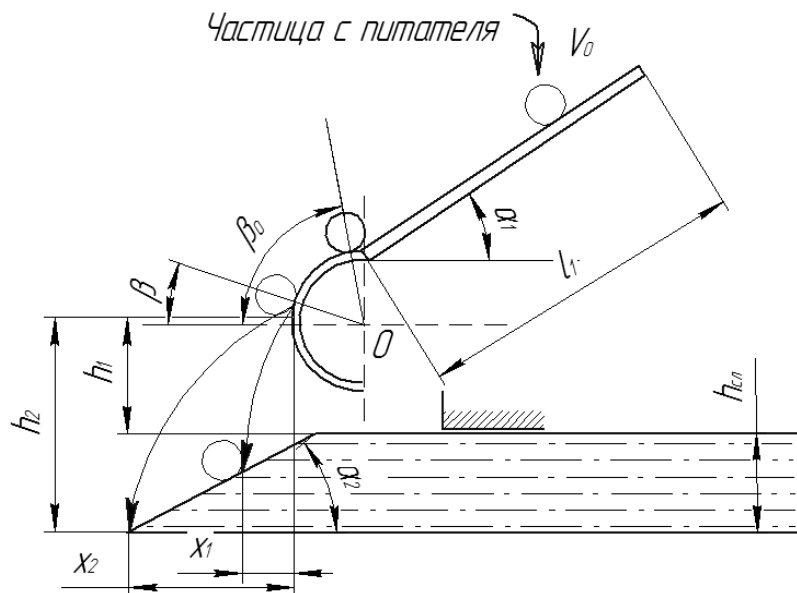


Рис. 2 – Схема движения частицы по лотку с сепаратором

На прямолинейном участке, частицы достигают определенной скорости скатывания, зависящей от их физико-химических характеристик, а нижний участок будет выполнять роль сепаратора, за счет чего частицы будут переходить на воздушный участок траектории, тем самым снижая их взаимодействие.

Движение частицы в воздухе опишем системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = -g \end{cases} \quad (5)$$

Н.У. движения: $t = 0$; $x = 0$; $y = h$,

где h – расстояние от точки отрыва частицы до поверхности откоса слоя, м.

Представим вектор скорости движения частицы в воздухе в виде двух векторов:

$$\begin{cases} V_x = V \cos \beta \\ V_y = -V \sin \beta \end{cases}$$

После интегрирования уравнения (5) и определения постоянных интегрирования запишем:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = V \cos \beta \\ \frac{dy}{dt} = -V \sin \beta - qt \end{cases} \quad (6)$$

Интегрируя (6), и определив постоянные интегрирования, получим координаты частицы в момент ее падения на аглоленту:

$$\begin{cases} x = Vt \cos \beta \\ y = -Vt \sin \beta - \frac{qt^2}{2} + h \end{cases} \quad (7)$$

Выразив t из первого уравнения системы (7) и подставив во второе, получим:

$$y = -\frac{q}{2V^2 \cos^2 \beta} x^2 - xtg\beta + h. \quad (8)$$

В момент падения частицы на аглоленту, $y=0$. Решив (8) относительно x , определим дальность полета частицы:

$$x = -\frac{\sin \beta V^2 \cos \beta}{q} + \frac{V^3}{Rq^2} \sqrt{\sin^2 \beta V^2 + 2qh}, \quad (9)$$

где R – радиус окружности сепаратора, м.

Расчет скорости скатывания частицы по криволинейной поверхности нижнего участка реализуем, используя теорему о приращении кинетической энергии движущегося тела в дифференциальной форме:

$$d\left(\frac{mV^2}{2}\right) = \left(mq \sin \beta - mqf' \cos \beta - f' \frac{mV^2}{2}\right) ds, \quad (10)$$

где m – масса частицы, кг.

Скорость движения частицы и угол ее отклонения от вертикали отсчитывается относительно внешней системы координат. При скатывании частица движется в сторону, совпадающую с направлением отсчета угла β , отсюда $ds = Rd\beta$. Примем $V_i^2 = y$ и получим линейное дифференциальное уравнение с правой частью:

$$\frac{dy}{d\beta} + 2f'y = 2qR(-f' \cos \beta + \sin \beta). \quad (11)$$

Общее решение этого уравнения имеет вид:

$$y = ce^{-2f'\beta} - \frac{6f'qR}{1+4f} \sin \beta + 2qR \frac{(1-2f) \cos \beta}{1+4f}. \quad (12)$$

Определив значение постоянной интегрирования c , и приняв, что $\beta = \beta_0$, $y = y_0$, где $y_0 = f(\alpha_1, f', e) = V_i$, запишем решение уравнения (10):

$$V_i = \sqrt{\frac{2qR}{1+4f} \left((1+2f) \cos \beta - 3f' \sin \beta \right) + \left(V_i^2 + \frac{2qR}{1+4f} (3f' \sin \beta_0 - (1-2f) \cos \beta_0) \right) \frac{e^{2f'\beta_0}}{e^{2f'\beta}}} \quad (13)$$

Распределение фракционного состава шихты при использовании лотка с сепаратором, с параметрами $R = 0,35$ м, $\beta_0 = 72,5^\circ$, $\beta = 34^\circ$, представлены на рис. 5, кривая 2.

Загрузку полидисперсных материалов, на паллеты агломашины, можно производить лотком с криволинейной поверхностью рис. 3, обеспечивающего предварительный разгон частиц шихты, с последующим их торможением на более пологом участке.

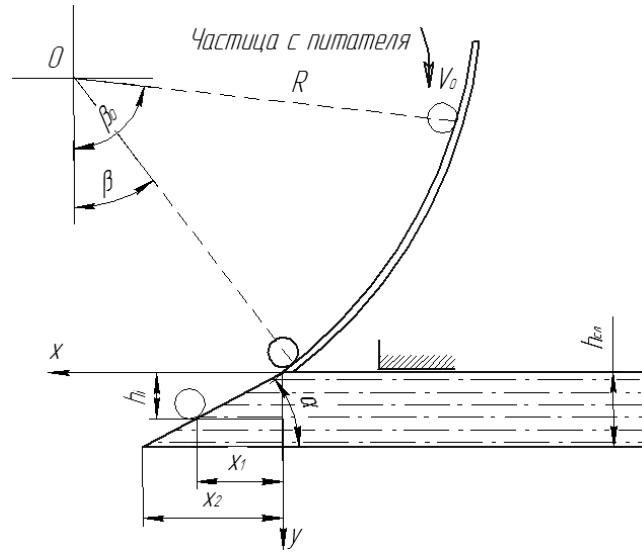


Рис. 3 – Схема движения частицы по лотку с криволинейной поверхностью

Для расчета скорости движения частицы по криволинейной поверхности лотка используем (10). Так как при скатывании тело движется в сторону противоположную направлению отсчета угла β , то $ds = -Rd\beta$. Примем, что $V_i^2 = y$, тогда в результате преобразований получаем:

$$\frac{dy}{d\beta} - 2f'y = 2qR(f' \cos \beta - \sin \beta). \quad (14)$$

Решение этого уравнения даст скорость движения i -й частицы:

$$V_i = \sqrt{\frac{2qR}{1+4f} \left((3f' \sin \beta + (1-2f) \cos \beta) - (3f' \sin \beta_0 + (1-2f) \cos \beta_0) \frac{e^{2f\beta}}{e^{2f\beta_0}} \right)}. \quad (15)$$

Анализ (15) показывает, что помимо конструктивных параметров загрузочного лотка ($R = 1,2$ м; $\beta_0 = 72,5^\circ$; $\beta = 41^\circ$) условия движения частицы по его поверхности зависят от коэффициента трения качения f' . Таким образом, при движении фракций шихты по лотку будет происходить разделение их конечных скоростей V_i , а следовательно, и сегрегация материала по высоте формирующегося слоя, кривая 3, рис. 5.

В случае загрузки шихты исключительно питателем, без использования лотка, рис. 4, скорость частицы в момент ее падения на поверхность слоя составит:

$$V_n = \sqrt{2qh}. \quad (16)$$

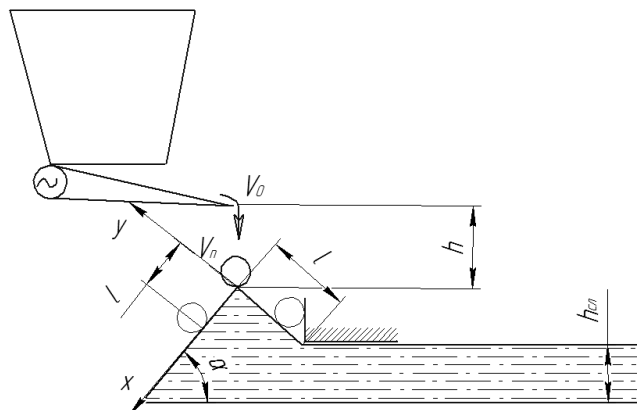


Рис. 4 – Схема движения частицы без использования загрузочного лотка

Таким образом:

$$V_k = \sqrt{2qlv(\sin \alpha - f' \cos \alpha) + V_n^2} \quad (17)$$

Приняв, что конечная скорость частицы V_k равна нулю в момент ее остановки на откосе слоя, найдем путь пройденный i -й частицей материала.

Как видно из рис. 5, кривая 4, загрузка шихты таким способом не обеспечивает разделение классов крупности материала по высоте слоя, в связи с тем, что частицы не приобретают достаточной кинетической энергии для перемещения в соответствующий горизонт слоя.

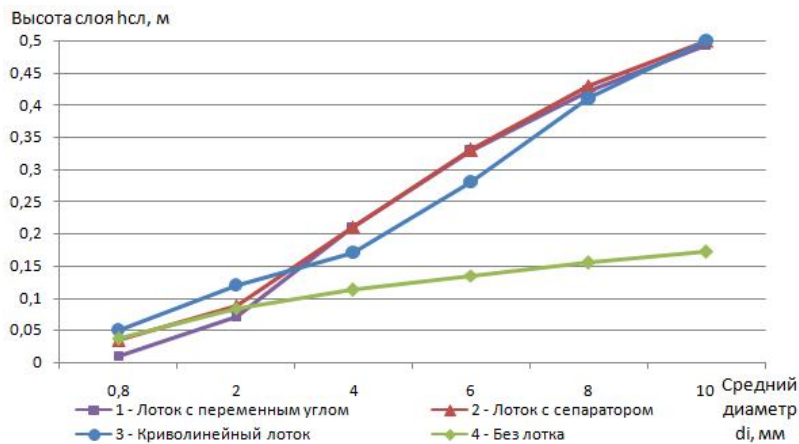


Рис. 5 – Распределение фракционного состава шихты по высоте слоя

Рассмотренные закономерности движения полидисперсного материала по сложной поверхности, использованы для расчета параметров составного загрузочного лотка, рис. 6, для использования совместно с вибрационным питателем для условий агломашины №2 МК «Запорожсталь» [6].

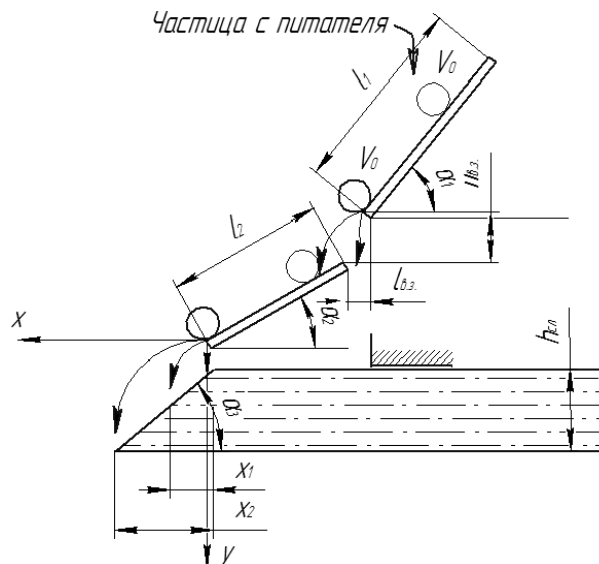


Рис. 6 – Схема движения частицы по составному загрузочному лотку

Основной особенностью данного лотка является наличие воздушного зазора между поверхностями движения, что позволяет в связи с малой кинетической энергией мелких фракций, преимущественно концентрировать их в верхних горизонтах, как требуется в [7, 8], за счет их ссыпания в воздушный зазор, выполняющий роль сепаратора. Распределение фракционного состава материала при использовании составного лотка приведено на рис. 7.

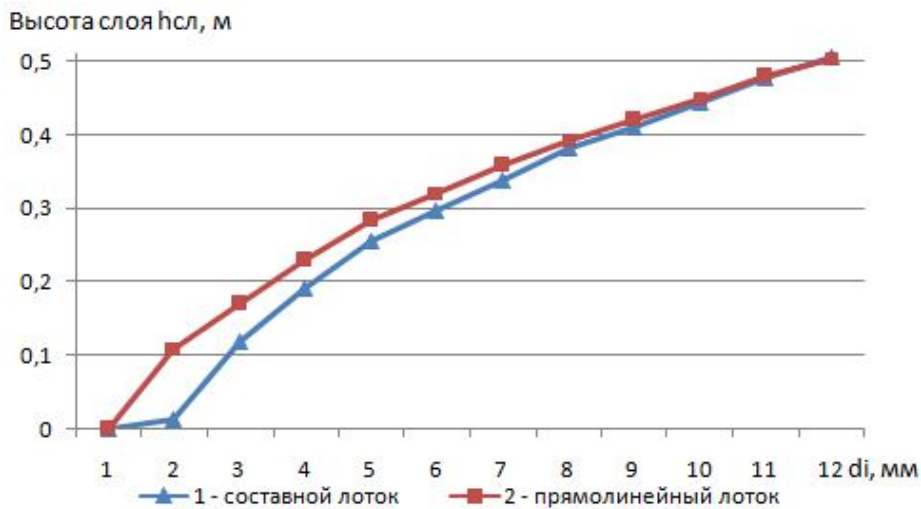


Рис. 7 – Распределение фракционного состава по высоте слоя

Как видно, в результате использования данной конструкции лотка, мелкие частицы не перелетают воздушный зазор, что обеспечивает их преимущественной скопление на поверхности слоя. В процессе движения материала по воздуху значительно снижается взаимодействие между отдельными частицами, составляющими его массу. В результате достигается более качественное его разделение по фракциям, кривая 1, чем при непосредственном переходе частиц с плоскости прямолинейного лотка на поверхность откоса, кривая 2, рис. 7.

Конструкция лотка предусматривает возможность изменения углов наклона обеих поверхностей, что в свою очередь, будет влиять на скорость схода частиц, а так же ширину и высоту воздушного зазора, тем самым обеспечивая широкий спектр управляющих воздействий на динамику формирования слоя.

В работах [7, 8] получено оптимальное распределение топлива и фракционного состава шихты по горизонтам слоя с целью стабилизации теплового режима процесса спекания. На рис. 8 представлены расчетные зависимости распределения фракций материала по высоте при использовании прямолинейного и составного лотка. Последнее свидетельствует о том, что составной лоток позволяет обеспечить наиболее близкое к оптимальному разделение фракций шихты. Тем самым, позволяя приблизиться к требуемому распределению твердого топлива по высоте слоя.

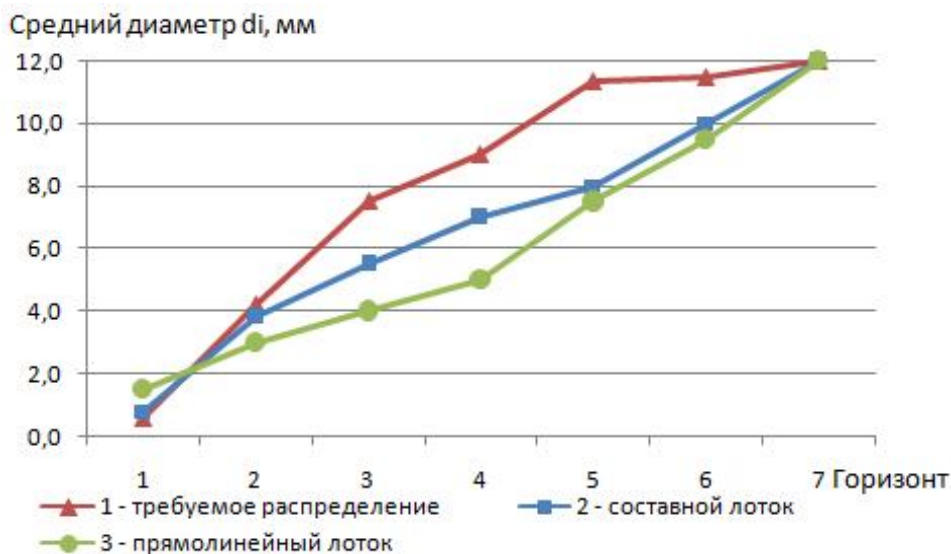


Рис. 8 – Изменение среднего диаметра материала по горизонтам слоя

Выводы

В работе исследована динамика процесса формирования слоя полидисперсного сыпучего материала при использовании различных узлов загрузки в комплекте с вибрационным питателем. Получены зависимости, позволяющие рассчитать распределение фракционного состава шихты по высоте слоя при использовании выбранной конструкции лотка.

В результате исследования установлено, что применение составного загрузочного лотка позволяет добиться максимально близкой к требуемой сегрегации фракционного состава загружаемого материала, и, как следствие, необходимому распределению твердого топлива по горизонтам шихты подготовленной к спеканию. Последнее обуславливает возможность стабилизации теплового режима процесса спекания и повышения производительности процесса.

Список использованных источников:

1. Бережной Н.Н. Анализ способов и систем загрузки агломерационных и обжиговых машин конвейерного типа / Н.Н. Бережной, Я.А. Стойкова // Вісник КрНУ : Зб. наук. праць. – 2012. – №32 – С. 44-47.
2. Безверхий И.В. Разработка мероприятий для увеличения сегрегации агломерационной шихты при ее загрузке на аглоленту / И.В. Безверхий, А.А. Томаш // Международная научно-техническая конференция «Университетская наука 2010». Тезисы докладов. – Мариуполь, 2010. – Т. 1. – С. 40-42.
3. Формирование структуры агломерационного слоя шихты / С.Н. Петрушов [и др.] // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1998. – №8. – С. 21-24.
4. Пат. 2089806 РФ, МПК⁶ F 27 B 21/10. Устройство для загрузки обжиговой конвейерной машины / Л.К. Кокорин, Ю.Д. Флягин; АО «Уральский завод тяжелого машиностроения». – № 94003993/02; завл. 03.02.94; опубл. 10.09.97. – 5 с.
5. Пазюк М.Ю. Влияние условий загрузки на формирование структуры слоя шихты / М.Ю. Пазюк // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1985. – №6. – С. 133-136.
6. Мных А.С. К вопросу стабилизации теплового режима спекания аглошихты при использовании составного загрузочного лотка / А.С. Мных, И.А. Овчинникова // Сборник научных трудов ДГТУ. Технические науки. – 2015. – № 3(26). – С. 31-36.
7. Мных А.С. Определение оптимального распределения твердого топлива в слое загружаемой шихты для выравнивания теплового режима агломерационного процесса / А.С. Мных // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – 2014. – №6. – С. 47-51.
8. Мных А.С. Определение сегрегации фракций аглошихты требуемой для стабилизации теплового режима спекания / А.С. Мных, А.О. Еремин, И.Н. Мных // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – №1. – С. 68-73.

Bibliography:

1. Bereznoj N.N. The analysis of the methods and systems download the sintering and roasting machines convering type / N.N. Berezhnoy, Ya.A. Stoykova // Vestnik KrNU : Collection of scientific works. – 2012. – №32. – Pp. 44-47. (Rus.)
2. Bezverhij I.V. Development of measures to increase the segregation of the sintering charge when it is loaded on a sintering grate / I.V. Bezverkhij, A.A. Tomash // International scientific and technical conference «Universitetskaya nauka 2010». Scientific conference abstracts. – Mariupol, 2010. – V. 1. – Pp. 40-42. (Rus.)
3. Structure formation of sinter layer charge / S.N. Petrushov [et al.] // Chernaya metalurgiya. – 1998. – №8. – Pp. 21-24. (Rus.)
4. Pat. 2089806 RU, Int.Cl. F 27 B 21/10. A device for loading the burning conveyor machine / L.K. Kokorin, Yu.D. Flyagin; JSC «Ural heavy machine building plant». – № 94003993/02; filed 03.02.94; publication 10.09.97. – 5 p. (Rus.)
5. Pazuk M.U. The influence of load conditions on the formation of the layer structure of the charge / M.U. Pazuk // Izvestiya VUZov . Chernaya metalurgiya. – 1985. – №6. – Pp. 133-136. (Rus.)
6. Mnyh A.S. To the question of stabilizing the thermal conditions of the sintering charge when using composite chute / A.S. Mnyh, I.A. Ovchinnikova // Collection of scientific works DSTU. Technical science. – 2015. – № 3(26). – Pp. 31-36. (Rus.)
7. Mnyh A.S. Determination of the optimal distribution of the solid fuel layer downloadable charge

to align the thermal regime of the sintering process / A.S. Mnyh // *Tehnicheskaya teplofizika I promishlenaya teploenergetika.* – 2014. – №6. – Pp. 47-51. (Rus.)

8. Mnyh A.S. The definition of segregation fractions of the charge required for stabilizing the thermal conditions of a sintering / A.S. Mnyh, A.O. Yeremin, I.N. Mnykh // *EEJET.* – 2015. – №1. – Pp. 68-73. (Rus.)

Рецензент: М.Ю. Пазюк

д-р техн. наук, проф., Запорожская государственная инженерная академия

Статья поступила 02.03.2015

УДК 621.4

© Ткаченко К.І.*

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЦИКЛІВ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ

Розглянуто комбінований цикл ідеалізованого теплового двигуна та теплового насосу. Показано математичним шляхом можливість зменшення втрат тепла при роботі теплового двигуна за еталонним циклом Едвардсу та відповідного підвищення ефективного коефіцієнту корисної дії комбінованого циклу.

Ключові слова: тепловий двигун, тепловий насос, оптимізація циклів теплових двигунів.

Ткаченко К.І. К вопросу оптимизации циклов тепловых двигателей. Рассмотрен комбинированный цикл идеализированного теплового двигателя и теплового насоса. Показано математическим путем возможность уменьшения потерь тепла при работе теплового двигателя по эталонному циклу Эдвардса и соответствующего повышения эффективного коэффициента полезного действия комбинированного цикла.

Ключевые слова: тепловой двигатель, тепловой насос, оптимизация циклов тепловых двигателей.

K.I. Tkachenko. On the question of heat engine cycles optimization. It is known that the efficiency of heat engines nowadays isn't more than 50-60% for prototypes and maximum possible efficiency of a heat engine is considered Carnot cycle efficiency Thus, at least 40% of the disposable amount of heat is lost in the surrounding medium, unless the waste gases heat is utilized somehow. General idea of heat engines cycles is the transfer of energy from the heater (both external and internal) to a working fluid, obtaining mechanical work from expanding of the working fluid, and returning the working fluid to the initial state by compression and excess heat discharge into a cooler. In this paper the combination of a heat engine operating according to the standard Edwards cycle and consisting of isochor, adiabat and isotherm, and the heat pump, using the reverse Carnot cycle is investigated. The heat pump partially picks out the heat of the working fluid at its isothermal compression, and returns it to the equivalent working fluid or regenerator cap, at the beginning of isochoric heating. The efficiency coefficient of the heat pump, and thus the work to putting it into action is calculated by proper equations at the constant temperature of the low-potential heat source (working fluid) and variable temperature of the heated equivalent of the working fluid or the regenerator cap. Taking as an example selected quantitative parameters of the Edwards cycle it has been proved that the use of the heat pump increases the effective efficiency of combined cycle as compared to the basic

* канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, kostyantyn@gmail.com