

УДК 669.162.266.21:669.02/.09

© В.П. Иващенко, Р.В. Кирия, А.Н. Селегей, В.И. Головки,
М.А. Рыбальченко, Г.А. Папанов, С.Н. Селегей

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫГРУЗКИ ШИХТЫ ИЗ БУНКЕРОВ
БЕСКОНУСНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

© V. Ivaschenko, R. Kiriya, A. Selegej, V. Golovko,
M. Rybalchenko, G. Papanov, S. Selegej

**DETERMINATION OF PARAMETERS OF SHIELD DISCHARGE FROM
BUNKERS OF THE INFINITE LOADING DEVICE OF THE BLAST
FURNACE**

Рассмотрен процесс истечения шихтовых материалов из бункеров бесконусных загрузочных устройств. Определены параметры, влияющие на поток материала. Аналитически определен расход шихты из бункера при разных углах открытия затвора.

Розглянуто процес вивантаження шихтових матеріалів з бункерів безконусних завантажувальних пристроїв. Визначено параметри, що впливають на потік матеріалу. Аналітично визначена витрата шихти з бункера при різних кутах відкриття затвора.

Введение. Эффективно управлять течением шихтовых материалов по трактам бесконусного загрузочного устройства доменной печи представляется возможным несколькими способами, основными из которых являются изменение щели открытия бункерного затвора и изменение угла наклона распределительного лотка. Следует отметить, что истечение шихтовых материалов из бункера бесконусного загрузочного устройства (БЗУ) имеет нестационарный характер, поэтому необходимо вводить критерии данной нестационарности.

Целью аналитического расчета параметров выпуска шихтовых материалов из бункера является определение расхода материала Q и средней скорости истечения из бункера V для определения параметров потока по наклонным течкам, которые следуют далее по тракту (определение начальной высоты засыпи).

Изложение материала и исследований. Рассмотрим истечение шихтовых материалов из бункеров БЗУ. На схеме (рис 1.) показано распределение зон различных состояний материалов внутри шихтового бункера. Выпускное отверстие выберем в виде щели с шириной a и длиной b

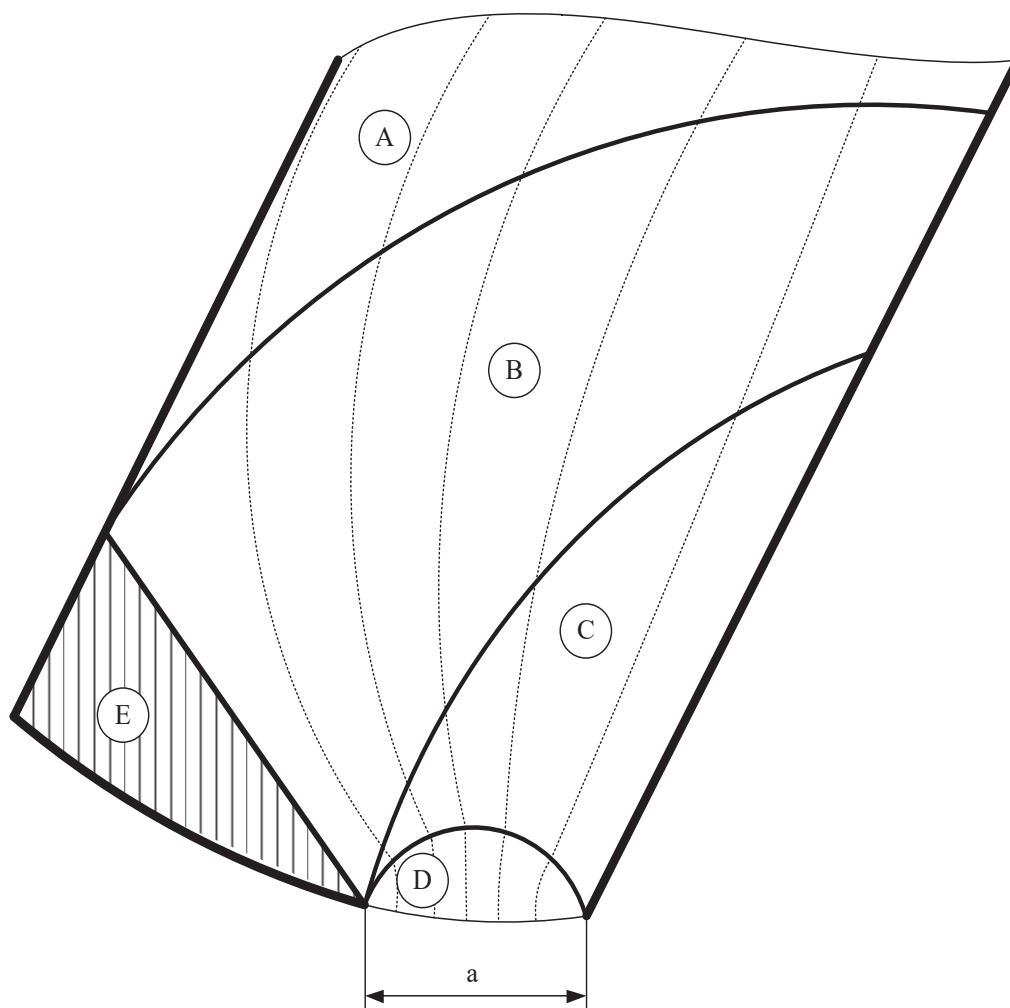


Рис. 1. Распределение зон подвижности внутри бункера БЗУ

Экспериментальные исследования [1-3] показали, что при истечении гранулированного груза из бункера в самом бункере можно выделить пять зон, которые отличаются структурно-механическим состоянием (зоны А, В, С, D, Е).

Зона поршневого движения А. В этой зоне частицы сыпучего груза связаны между собой и движутся с малой скоростью параллельно стенкам бункера.

В зоне В частицы сыпучего груза скользят относительно друг друга, а их траектории искривляются в направлении к оси бункера. В этой зоне скорости частиц также малы и изменяются незначительно.

В зоне динамического свода С частицы сыпучего груза образуют подвижные своды, движущиеся вниз, скользят по стенкам канала, ширина которого равна ширине выпускного отверстия. При этом скорости частиц сыпучего груза существенно увеличиваются, а их траектории приближаются к вертикальным линиям.

В зоне обрушения (перемешивания) D связи между частицами сыпучего груза разрушаются, при этом они находятся в непрерывном хаотическом движении, сталкиваясь между собой. Траектории движения частиц в этой зоне совпадают с вертикальными линиями, а их скорость увеличивается под влиянием силы тяжести.

В зоне Е частицы сыпучего груза находятся в неподвижном состоянии.

При формализации модели истечения груза из бункеров принимались следующие допущения:

- груз в бункере представляет собой несвязную сыпучую среду;
- процесс истечения груза из бункера происходит в пределах 5 зон (А, В, С, D, Е), отличающихся друг от друга структурно-механическим состоянием сыпучего груза;
- частицы сыпучего груза обладают крупностью, которая оказывает влияние на истечение груза из бункера.

Расход шихтовых материалов из бункера БЗУ можно определить при помощи следующей зависимости [1,3]:

$$Q = \frac{2}{3} ba^{1.5} \sqrt{g} \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} \frac{K_1^{1.5}}{(K_1 - \chi')} \left[1 - \left(\frac{\chi'}{K_1} \right)^{1.5} \right], \quad (1)$$

где $K_1 = \frac{1}{2}(f + \sqrt{1+f^2})$;

f – коэффициент внутреннего трения сыпучего груза;

$\chi' = f + \frac{1}{f} - \sqrt{1+f^2}$;

ζ – коэффициент местных потерь при движении сыпучего груза в зоне обрушения, характеризующий потери механической энергии потока сыпучего груза при столкновении частиц между собой [4]. Указанный коэффициент можно рассчитать таким образом:

$$\zeta = K_1 K_2 \frac{k^2 d^2}{a^2}, \quad (2)$$

где k - безразмерный коэффициент, зависящий от формы частиц ($k = 10-13$);

K_2 – некоторый безразмерный коэффициент, зависящий от условий истечения сыпучего груза из бункера (прямое или боковое истечение сыпучего груза из бункера), определяемый из эксперимента.

d – средний диаметр частиц сыпучего груза, м;

Фактический рабочий диапазон угла открывания шихтового затвора ND 1100 фирмы «P. WURTH», который обуславливает стабильное истечение шихтового материала лежит в пределах 15-60 градусов [5]. В связи с этим для расчета параметров истечения шихты было выбрано четыре положения затвора с шагом 15 градусов.

При расчетах расхода шихты из бункера БЗУ в связи со сложной конфигурацией выпускного отверстия бункера [5] выпускная щель была разбита на несколько участков для каждого положения затвора (рис 2). Для положения угла открывания 15 градусов было выделено три характерные зоны. Зоны 2 и 3 являются зеркальными и идентичными по пропускной способности. Поэтому на основании выражения (1) рассчитан объемный расход шихтовых материалов для зоны 1 (параметры щели a и b) и объемный расход для зоны 2 (параметры щели a_1 и b_1). Объемный расход из всего выпускного отверстия определялся как сумма расхода зоны 1 и удвоенного объема зоны 2. Данные исследований занесены в таблицу 1.

Аналогично проводились расчеты для угла открытия затвора в 30, 45, 60 градусов.

Для случая, когда угол открытия шихтового затвора составлял 45 градусов распределение зон показано на рис. 4. Характерной особенностью расчетов является смена геометрических параметров a и b таким образом, как показано на рисунке 4. Это связано, прежде всего, с тем, что выражение (1) может применяться для щелей выпуска с шириной a и длиной b , причем a должно быть меньше b . Кроме того, для угла открытия шибера в 45 градусов величины b и b_1 совпадают. Указанные геометрические параметры для расчета объемного расхода из бункера выбраны с учетом пропускной способности как отдельно выделенных зон a и суммарной величины. И, наконец, суммарный расход шихты рассчитан как сумма расходов зоны 1 и зоны 2.

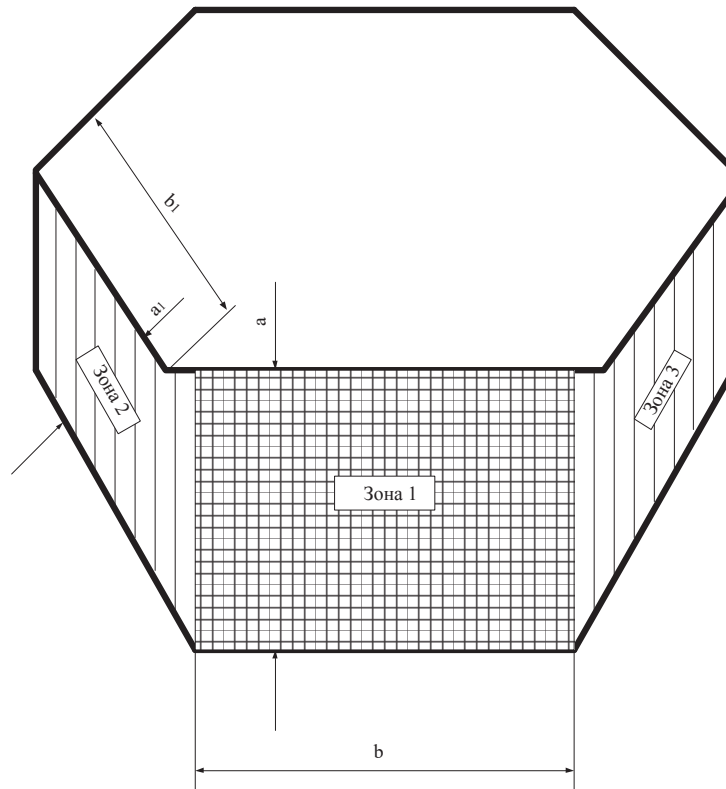


Рис. 2. Распределение зон выпуска при открытии шихтового затвора на 30 градусов

Результаты расчетов расхода шихтовых материалов по методике, приведенной выше, представлены в таблице 1. Расчеты проведены для железосодержащих шихтовых материалов.

Таблица 1
Параметры истечения шихтовых материалов из бункера БЗУ

Средний диаметр частиц шихты d , м	Угол открывания затвора α , град	Коэффициент k	Ширина выпускной щели a , м	Длина выпускной щели b , м	Коэффициент внутреннего трения f	Коэффициент K_2	Расход Q , м ³ /с	Ширина выпускной щели a_1 , м	Длина выпускной щели b_1 , м
0,02	15	13	0,18	0,48	0,72	1	0,049	0,04	0,24
0,02	30	13	0,4	0,48	0,72	1	0,278	0,11	0,15
0,02	45	13	0,48	0,64	0,72	1	0,557	0,16	0,64
0,02	60	13	0,48	0,88	0,72	1	0,852	0,23	0,88

Полученные результаты хорошо коррелируют с экспериментальными данными приведенными в [5]. Однако рассмотренная выше методика отличается следующими положительными моментами:

- уравнения получены аналитическим путем, который учитывает кинематическую и силовую стороны вопроса;

- при расчете объемного расхода учитывается конфигурация выпускной щели бункера, а не только площадь его «выпускного» сечения;
- методика учитывает физико-механические параметры шихтового материала, выгружаемого из бункера;
- методика учитывает геометрические параметры динамического свода при выгрузке шихты.

Выводы. Используя эти параметры в дальнейшем, появляется возможность определить начальные параметры движения шихтовых материалов по наклонным стационарным течкам (лоткам), которые соединяют шихтовые бункеры БЗУ и вертикальную трубу, которая в свою очередь выполняет функцию направляющей потока шихты на вращающейся лоток.

Используя рассчитанные величины объемного расхода шихты Q и зная площадь выпускного отверстия шихтового бункера S , можно рассчитать среднюю скорость выхода шихтовых материалов из бункера БЗУ V :

$$V = \frac{Q}{S} \quad (3)$$

Считая объемный расход и среднюю скорость постоянными величинами на выходе из бункера и на входе на направляющую течку, воспользовавшись уравнением (3) можно определить начальную высоту засыпи на наклонной течке (лотке), которая соединяет шихтовый затвор и вертикальную трубу БЗУ.

Перечень ссылок

1. К вопросу об истечении сыпучего груза из бункера со щелевым отверстием / Р. В. Кирия, В. Ю. Максютенко, Д. Д. Брагинец, Б. И. Мостовой // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып 80. – С. 351–362.
2. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов / Р. Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.
3. Кирия Р. В. Задачи истечения сыпучего груза из бункера при управлении грузопотоками конвейерных линий угольных шахт / Р. В. Кирия, В. Ю. Максютенко, Д. Д. Брагинец // Форум гірників – 2010: Матеріали міжнарод. конф., 21-23 жовтня 2010 р. – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – С. 31-38.
4. Кирия Р.В. О коэффициенте внутренних потерь при движении сыпучей среды по элементам перегрузочных узлов ленточных конвейеров / Р.В. Кирия // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2003. – Вып. 41. – С. 159–167.
5. Иванча Н.Г. Исследование выгрузки порций шихты из бункеров загрузочных устройств доменных печей / Н.Г. Иванча, В.И. Вишняков // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. — Днепропетровск.: ИЧМ НАН Украины, 2011. — Вып. 23. — С. 70-79. — Библиогр.: 5 назв.

ABSTRACT

Purpose. Determine the material consumption and the average flow rate from the hopper of the bell-free charging device of the blast furnace to determine the flow parameters along inclined leaks located directly behind the gate of the bunkers.

The methodology of research consists on use methods of continuous medium mechanics, kinetic methods of statistical mechanics.

Findings. The costs of charge materials from the bunker of the bell-free charging device of the blast furnace are determined, which makes it possible to justify the initial conditions when considering the movement of the charge further along the path.

The originality. The novelty of the results is the application of approaches to the mechanics of a continuous medium, which allows us to take into account a number of important factors affecting the operation of the charging device, among which we should mention the physical and mechanical characteristics of the charge material that is loaded into the blast furnace.

Practical implications. The obtained results make it possible to develop a system for correcting the technological parameters of the blast furnace charging device for more efficient operation of the latter due to the uniform distribution of the charge on the charging surface.

Keywords: *blast furnace, materials, angle, bunkers, bell-free charging device, consumption*