

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕГРУЗКИ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ГРЕЙФЕРОМ С УЧЕТОМ ГЛУБИНЫ ЕГО ПОГРУЖЕНИЯ В МНОГОСЛОЙНЫЙ ОБЪЕМ

Запорожская государственная инженерная академия

Розглянуто питання раціонального використання можливостей грейферу за умов перевантаження залізорудних матеріалів на рудному дворі та усереднення їх якісних характеристик у штабелі.

Рассмотрены вопросы рационального использования возможностей грейфера в условиях перегрузки железорудных материалов на рудном дворе и усреднения их качественных характеристик в штабеле.

Введение. Вопросы управления процессами усреднения и перегрузки сыпучих материалов на рудном дворе остаются актуальными и на сегодняшний день. Связано это с требованиями повышения стабильности качественных характеристик железорудных материалов, которые поступают с горно-обогатительных комбинатов и характеризуются различным химическим составом (содержанием основных компонентов: железа, кремнезема и влаги) и физическими свойствами.

Анализ литературных источников. Для обеспечения заданных характеристик железорудных материалов рассчитываются параметры рудных дворов, разрабатываются методы и способы формирования штабеля, последовательность забора материалов, применяется различное оборудование [1]. Несмотря на достижения науки и техники в данной области математическое описание процессов формирования качественных характеристик многокомпонентных смесей при их перегрузке остается решаемым только при помощи численных методов [2]. Объяснением этому служит большое количество факторов, влияющих на процессы движения полидисперсных материалов, неоднородность структуры сыпучих компонентов, вероятностный характер изменения качественных характеристик сырья. Отсюда возникают трудности учета изменения качественных характеристик сыпучих материалов, укладываемых в штабеля на рудных дворах.

Единственной возможностью оценить физические свойства и химический состав железорудного сырья является проведение анализа проб в лабораториях [3]. Однако формирование пробы осуществляют на основе усреднения объемов материалов, взятых с разных точек штабеля. Полученные показатели рассчитывают с дискретностью восемь часов и считаются средними по заданному объему.

В реальных условиях перегрузок сыпучих материалов для обеспечения минимального колебания содержания компонентов необходима более оперативная и достоверная информация о распределении качественных характеристик в объеме.

На рудном дворе ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» для перегрузок железорудного сырья используют рудно-грейферные перегружатели, обеспечивающие забор материала из приемной траншеи и укладку его в штабель, а также разработку штабеля и заполнение бункеров [4]. Используемые грейфера отличаются конструктивными параметрами, геометрической вместимостью и удельной материалоемкостью [5].

На сегодняшний день забор материала грейфером осуществляют при максимальном погружении его в материал с целью использования всего полезного объема и уменьшения времени выполнения циклических операций. Учет по качественным характеристикам забираемых материалов не ведется.

Постановка задачи исследований. Целью проводимых исследований является определение эффективного диапазона глубины погружения грейфера в штабель для получения объема материала с заданным содержанием компонентов (железа, кремнезема и влаги).

Разработка методики расчетов. Для проведения исследований взяты параметры грейфера и технология формирования многослойного штабеля для условий ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь»^{*}.

Известно, что штабель формируют слоями, при этом высота каждого слоя может рассчитываться исходя из массы материала, его плотности и параметров поля штабеля. Данные о химическом составе сырья в слое берут из паспорта на маршрут.

Исследования проводили для случаев, когда соотношение глубины погружения грейфера $h^{нозр}$ и суммарного значения высоты слоев имеет вид:

$$h^{нозр} > \sum_{i=1}^n h_i ; \quad (1.1)$$

$$h^{нозр} = \sum_{i=1}^n h_i ; \quad (1.2)$$

$$h^{нозр} < \sum_{i=1}^n h_i , \quad (1.3)$$

где $h^{нозр}$ – глубина погружения грейфера, м; h_i – высота i -го слоя, м; i – номера слоев, $i \in [1, n]$.

Условия (1.1) и (1.2) выполняются на этапе завершения разработки штабеля, либо при перегрузках материала из приемной траншеи в штабель, условие (1.3) соблюдается в начальный период разработки штабеля или при заполнении приемной траншеи более чем на 50%.

Для проведения вычислительного эксперимента были взяты три слоя (h_1, h_2, h_3) при этом их соотношение изменяли согласно неравенствам:

$$h_1 > h_2 > h_3 ;$$

$$h_1 < h_2 > h_3 , \text{ при } h_1 > h_3 ;$$

$$h_1 < h_2 > h_3 , \text{ при } h_1 < h_3 ;$$

$$h_1 > h_2 < h_3 , \text{ при } h_1 > h_3 ;$$

$$h_1 > h_2 < h_3 , \text{ при } h_1 < h_3 ;$$

$$h_1 < h_2 < h_3 .$$

Далее варьировали соотношение содержания компонентов в слоях согласно неравенствам:

^{*}Технологическая инструкция ТИ 226-Д-0А-01-85. Приемка, складирование и усреднение материалов на рудном дворе, забор их в бункера агломерационного и доменного цехов. – Запорожье: Облполиграфиздат, 1985. – 31 с.

$$X_1 > X_2 > X_3; X_1 < X_2 > X_3, \text{ при } X_1 > X_3;$$

$$X_1 < X_2 > X_3, \text{ при } X_1 < X_3;$$

$$X_1 > X_2 < X_3, \text{ при } X_1 > X_3;$$

$$X_1 > X_2 < X_3, \text{ при } X_1 < X_3;$$

$$X_1 < X_2 < X_3.$$

Расчет содержания компонента в объеме грейфера производили исходя из следующего. При погружении на различную глубину грейфер в любом случае будет захватывать первый по ходу слой. Глубина погружения грейфера может находиться в диапазоне от $[0, h^{нозр.max}]$, что объясняется его конструктивными ограничениями.

Для условия (1.3) при количестве слоев $n = 3$ справедлива нижеприведенная система уравнений:

$$\begin{aligned} X^{зр} &= X_1 \text{ при } h^{нозр} \leq h_1; \\ X^{зр} &= \frac{h_1}{h^{нозр}} \cdot X_1 + \frac{h^{нозр} - h_1}{h^{нозр}} \cdot X_2 \text{ при } h_1 < h^{нозр} \leq h_1 + h_2; \end{aligned} \quad (2)$$

$$X^{зр} = \frac{h_1}{h^{нозр}} \cdot X_1 + \frac{h_2}{h^{нозр}} \cdot X_2 + \frac{h^{нозр} - h_1 - h_2}{h^{нозр}} \cdot X_3 \text{ при } h_1 + h_2 < h^{нозр} \leq h_1 + h_2 + h_3,$$

где $X^{зр}$ – содержание компонента в грейфере, %; X_i – содержание компонента в i -ом слое, %.

Для случая, когда $\sum_{i=1}^n h_i < h^{нозр} \leq h^{нозр.max}$, что соответствует недостатку материала и, следовательно, неполному заполнению объема грейфера, даже при полном его погружении, систему (2) дополняют уравнением:

$$X^{зр} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n h_i}. \quad (3)$$

После преобразования система уравнений (2) принимает вид:

$$\begin{aligned} X^{зр} &= X_1 \text{ при } h^{нозр} \leq h_1; \\ X^{зр} &= \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_i}{h^{нозр}} \cdot (X_i - X_n) + X_n \text{ при } \sum_{i=1}^{n-1} h_i < h^{нозр} \leq \sum_{i=1}^n h_i; \end{aligned} \quad (4)$$

$$X^{зр} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \text{ при } \sum_{i=1}^n h_i < h^{нозр} \leq h^{нозр.max},$$

где $h^{нозр.max}$ – максимально возможная глубина погружения грейфера, обусловленная его конструкцией, м.

Исходя из системы уравнений (4) следует, что содержание компонента в объеме грейфера в большей степени зависит от высоты первого слоя, количества слоев, захватываемых грейфером, и разницей содержания компонента между слоями.

Исходные данные для проведения вычислительного эксперимента (в качестве компонента рассматривали содержание железа в концентрате) приведены в табл. 1 и 2, результаты экспериментов – в табл. 3 и 4.

Таблица 1 – Исходные данные для вычислительного эксперимента при условии (1.3)

Номер опыта	Высота 1 слоя $h_1, \text{м}$	Содержание компонента в 1 слое, $X_1, \%$	Высота 2 слоя $h_2, \text{м}$	Содержание компонента во 2 слое, $X_2, \%$	Высота 3 слоя $h_3, \text{м}$	Содержание компонента в 3 слое, $X_3, \%$
1	0,3	67	0,6	65	0,7	62
2	0,3	62	0,6	65	0,7	67
3	0,3	67	0,6	62	0,7	65
4	0,3	65	0,6	62	0,7	67
5	0,3	65	0,6	67	0,7	62
6	0,3	62	0,6	67	0,7	65

Таблица 2 – Исходные данные эксперимента при условии (1.1)

Номер опыта	Высота 1 слоя $h_1, \text{м}$	Содержание компонента в 1 слое, $X_1, \%$	Высота 2 слоя $h_2, \text{м}$	Содержание компонента во 2 слое, $X_2, \%$	Высота 3 слоя $h_3, \text{м}$	Содержание компонента в 3 слое, $X_3, \%$
1	0,5	67	0,2	65	0,4	62
2	0,5	62	0,2	65	0,4	67
3	0,5	67	0,2	62	0,4	65
4	0,5	65	0,2	62	0,4	67
5	0,5	65	0,2	67	0,4	62
6	0,5	62	0,2	67	0,4	65

Анализ полученных результатов. Из полученных данных (табл. 3) следует, что при постоянном соотношении высоты слоев получить среднее содержание компонента равное, например, 64%, возможно в следующих случаях:

- при опыте 2 когда $h^{погр} = 0,9 \text{ м}$;
- при опыте 3 когда $h^{погр} = 0,75 \text{ м}$ или $1,20 \text{ м}$;
- при опыте 4 когда $h^{погр} = 0,45 \text{ м}$ или $1,20 \text{ м}$;
- при опыте 6 когда $h^{погр} = 0,50 \text{ м}$.

Таблица 3 – Содержание компонента в смеси объема грейфера в зависимости от глубины его погружения в штабель при условии (1.3)

Номер опыта	Содержание компонента, %							
	Глубина погружения грейфера, м							
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5
1	67,0	66,5	66,0	65,8	65,3	64,8	64,4	64,2
2	62,0	62,8	63,5	63,9	64,3	64,8	65,1	65,2
3	67,0	65,8	64,5	63,9	63,8	64,0	64,1	64,2
4	65,0	64,3	63,5	63,1	63,4	64,0	64,4	64,6
5	65,0	65,5	66,0	66,3	65,9	65,3	64,8	64,6
6	62,0	63,3	64,5	65,1	65,3	65,3	65,2	65,2

При опытах 1 и 5 среднее содержание компонента в грейфере будет выше, чем 64% за счет того, что в верхних слоях содержание компонента выше, чем заданное значение. Даже при полном погружении грейфера, то есть при захвате третьего слоя с содержанием компонента 62% среднее содержание компонента составит 64,2 и 64,6%

соответственно для опытов 1 и 5.

Следует отметить, что наиболее рациональными являются варианты соотношения высоты слоев, соответствующие опытам 3 и 4 при $h^{ногр} = 1,2$ м, что, по сравнению с остальными опытами, обеспечивает максимальное заполнение объема грейфера.

Недостаточное количество материала, а, следовательно, суммарная высота многослойного объема, меньше чем может захватить грейфер, приводит к тому, что в диапазоне варьирования глубины погружения от 1,1 до 1,5 м никаких изменений по химическому составу смеси в объеме грейфера не происходит (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание компонента в смеси объема грейфера в зависимости от глубины его погружения в штабель при условии (1.1)

Номер опыта	Содержание компонента, %							
	Глубина погружения грейфера, м							
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5
1	67,0	67,0	66,7	65,9	65,1	64,8	6	6
2	62,0	62,0	62,5	63,4	64,1	64,4	6	6
3	67,0	67,0	66,1	65,5	65,4	65,4	65,4	65,4
4	65,0	65,0	64,5	64,5	65,0	65,2	6	6
5	65,0	65,0	65,3	65,1	64,5	64,3	6	6
6	62,0	62,0	62,8	63,6	63,9	64,0	64,0	64,0

Такая же ситуация наблюдается и в диапазоне погружения 0,1...0,5 м. Причиной постоянства химического состава материала, захватываемого грейфером, является высота первого слоя, которая превышает высоту второго и третьего слоев. Таким образом, например для условий (1.1) и $h_1 > h_2 < h_3$, при $h_1 > h_3$; возможный эффективный диапазон варьирования глубины погружения рассчитывается с использованием выражения $\sum_{i=1}^3 h_i - h_1 - h_3$ и составляет 0,6 м.

Диапазон варьирования глубины погружения грейфера, который изменяет соотношения захватываемых слоев с разным содержанием в нем компонента, зависит от конкретной ситуации. Сравнительная характеристика изменения содержания компонента смеси в объеме грейфера в зависимости от глубины погружения для условий, когда при изменении высоты слоев, химический состав материала в них остается постоянным представлена на рис. 1.

Максимальный диапазон варьирования содержания компонента смеси в объеме грейфера обеспечивается при условии, когда $\sum_{i=1}^n h_i \approx h^{ногр.max}$ и не зависит от высоты каждого слоя. При условии, когда $\sum_{i=1}^n h_i < h^{ногр.max}$ ограничение диапазона варьирования связано с неполным использованием объема грейфера (недостаточное количество забираемого материала), а при условии, когда $\sum_{i=1}^n h_i > h^{ногр.max}$ – вызвано конструктивными ограничениями размеров грейфера.

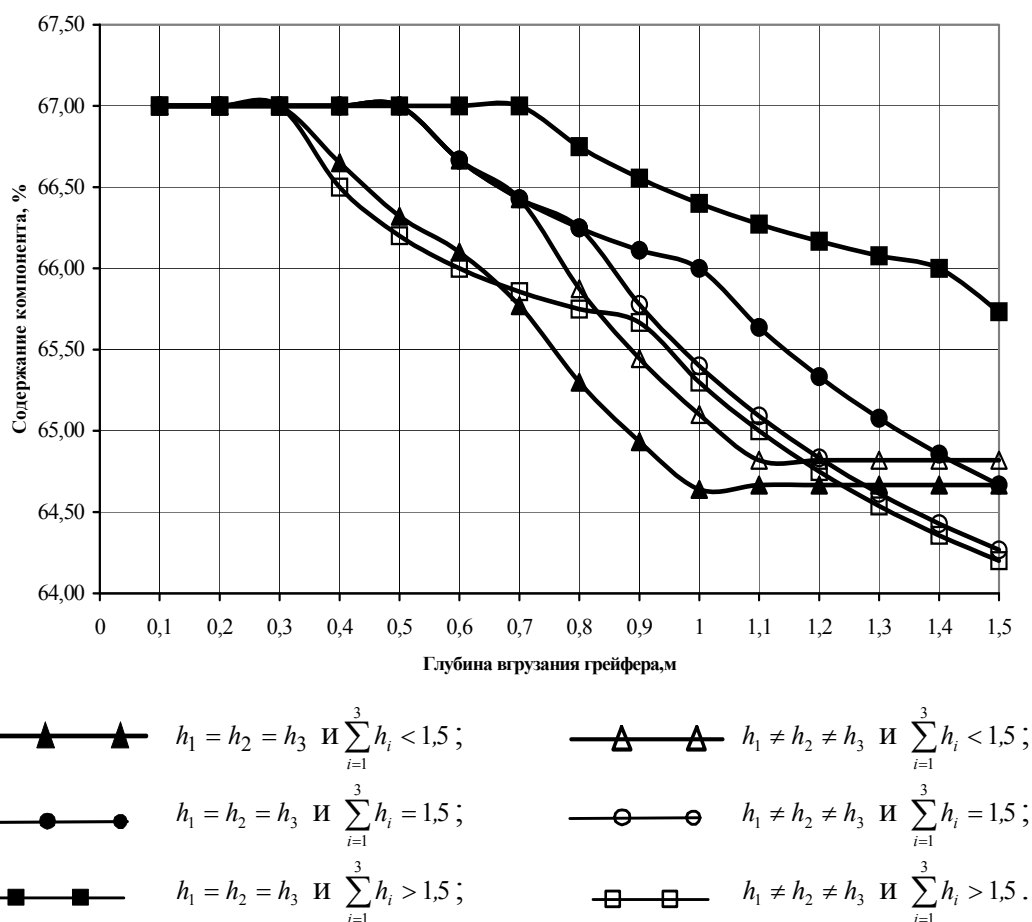


Рисунок 1 – Эффективные диапазоны варьирования глубины погружения грейфера

Выводы. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наиболее рациональный режим перегрузки сыпучего материала с помощью грейфера обеспечивается при условии, когда $h^{погр. max} \leq \sum_{i=1}^n h_i$, которое соответствует возможности изменения среднего содержания компонента в сырье объема грейфера за счет варьирования глубины его погружения в многослойный штабель и максимального использования геометрической вместимости грейфера. При этом при известной глубине погружения грейфера можно рассчитывать среднее содержание компонента в объеме, или для обеспечения заданного значения содержания компонента в материале объема грейфера определять глубину его погружения в штабель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новожилов М. Ж. Качество рудного сырья черной металлургии / М. Ж. Новожилов, Я. Ш. Ройзен, А. М. Эрперт. – М.: Металлургия, 1989. – 514 с.
2. Шупов Л. П. Математические модели усреднения / Л. П. Шупов. – М.: Недра, 1978. – 288 с.
3. Платонов Г. М. К вопросу оценки однородности смесей сыпучих материалов / Г. М. Платонов, В. Г. Ткаченко, В. В. Кармазина // Известия Вузов. Черная металлургия. – 1987. – № 4. – С. 7-11.
4. Миняйло Н. А. Управление рудно-грейферными перегружателями при усреднении железорудного сырья / Н. А. Миняйло, М. Ю. Пазюк, О. В. Ренгевич // Академический вестник Криворожского территориального отделения МАКНС. – Кривой Рог: КрТО МАКНС. – 2005. – № 15-16. – С. 72-74.

5. Справочник по кранам: В 2-х т. / Под ред. *А. И. Дукельского*. – М.: Машгиз, 1962. – Т. 1: Общие расчеты, материалы, приводы, металлические конструкции. – 455 с.

Стаття надійшла до редакції 23.02.2009 р.
Рецензент – проф. А.М. Ніколаєнко