

## Методические основы разработки концептуальной модели интенсификации восстановительных процессов на основе рационального распределения шихты в доменной печи

*Разработана и обоснована концептуальная модель интенсификации восстановительных процессов на основе рационального распределения шихты в доменной печи.*

**Ключевые слова:** концептуальная модель, факторы загрузки, влияние параметров доменной плавки, взаимосвязь

**П**остановка проблемы. Техничко-экономические показатели доменной плавки в значительной степени определяются характером распределения и использования газов по сечению печи. Снижение удельного расхода кокса и повышение производительности доменных печей во многом обязано разработке и возможности внедрению мероприятий, способствующих улучшению распределения шихты и использования газа в печи.

Обеспечение рационального распределения шихты и газов является сложным заданием, которое должно решаться в отдельных случаях для конкретно существующих условий. Исследования на промышленных работающих доменных печах связано с большими техническими трудностями. Поэтому для решения отдельных вопросов доменного процесса необходимо более рационально использовать различные методы моделирования.

В работе при недостатке необходимых данных по доменному производству и для выявления общих закономерностей процессов, поиска качественных связей, действующих в системе, используется концептуальное моделирование. Данный способ моделирования позволит определить последовательность и оценить влияние рационального распределения шихты на процессы восстановления.

*Анализ последних исследований и публикаций.* Разработанная математическая модель распределения шихты на колошнике при помощи лоткового загрузочного устройства позволяет рассчитать для любого режима загрузки следующие параметры: распределение железорудной шихты по сечению печи, распределение рудных материалов и кокса по радиусу и окружности доменной печи, профиль поверхности шихты на колошнике [1].

Авторы [1] рассматривают модель только для верхней зоны печи без учёта всех условий, влияющих на газодинамику доменного процесса. При этом используется автоматизированный поиск оптимального режима загрузки шихты для конкретных условий доменной плавки.

Модель, описывающую протекание процессов восстановления в доменной печи, исследователь рассматривает двояко. Во-первых, через прямое восстановление просматривается влияние расхода кок-

са и часть входных факторов. Во-вторых, замыкается обратная отрицательная связь. При первичном влиянии входных факторов через прямое восстановление знаки результирующих изменений расхода кокса одинаковы, а при первичном влиянии непосредственно на расход кокса – противоположны [2].

Автор пытается проследить связь между степенью прямого восстановления и расходом кокса. В таком случае необходимо полагаться на разработку первичных структурных схем, позволяющих найти промежуточные результаты и проследить общие технологические связи или закономерности существующих описательных моделей.

Более точным подходом к разработке концептуальной модели является построение сложных (больших) систем на основе многофакторного комплекса взаимосвязанных элементов, имеющих определённую структуру [3]. Мнение автора сводится к тому, что доменный процесс многофакторный, требующий рассмотрения как сложной системы, и только при его анализе целесообразно будет определять необходимые параметры.

На основании материала, изложенного выше, авторы находят основные факторы, влияющие на работу доменной печи. После этого ведётся построение концептуальной модели влияния факторов загрузки на основные параметры доменного процесса [4].

Такой подход даёт возможность разработать концептуальную модель для всей доменной печи. При отсутствии данных о процессах в нижней зоне печи предлагается воспользоваться факторами, зависящими в основном от дутьевого режима и теплового состояния горна.

*Постановка задачи.* Целью данной работы является построение обобщающей концептуальной модели на базе знаний и результатов исследований математических моделей влияния сырьевых факторов на процессы восстановления в доменной печи. При этом огромную роль играет методика расчёта распределения шихты и газа по радиусу доменной печи, как основа дальнейшей модернизации доменного процесса [5]. Концептуальное моделирование – это теоретическое или гипотетическое описание системы, процесса или явления, в котором прослеживаются причинно-следственные связи [4].

*Изложение основного материала исследования.* Для реализации поставленной цели, разработанная концептуальная модель интенсификации восстановительных процессов на основе рационального распределения шихты в доменной печи (рисунок) требует дополнительного поиска взаимосвязи с другими ключевыми факторами доменного процесса. К таким факторам относятся дутьевой режим и тепловое состояние горна, то есть нижняя зона доменной печи, которая является основной для решения задач современной технологии доменного производства.

В результате анализа основных параметров и факторов доменной плавки предлагается следующая концепция. При производстве чугуна важную роль играет загрузка печи различными шихтовыми материалами с применением современных загрузочных устройств различных типов. Развитие конструктивных возможностей загрузочных устройств позволяет совершенствовать технологии распределения сырьевых материалов на колошнике доменных печей в широких пределах.

На сегодняшний день существуют такие загрузочные устройства (ЗУ), как конусные и бесконусные. В свою очередь, конусные ЗУ подразделяются на двух- и трёхконусные, а бесконусные – лотковые, роторные. На рисунке приводятся оба типа ЗУ и соответствующие факторы загрузки. При анализе факторов загрузки необходимо отметить, что рациональное распределение материалов, а, следовательно, и газового потока по радиусу доменной печи определяется, в основном выбором уровня засыпи, массой подачи, порядком скипов в подаче, либо угловыми положениями лоткового распределителя, или параметрами работы ротора-распределителя.

Неравномерное распределение газовых потоков на колошнике доменной печи определяется неравномерным распределением физических свойств шихтовых материалов по радиусу: толщиной слоя и сегрегацией. Основной причиной сегрегации является различие в скоростях движения фракций разной крупности по конусу и поверхности засыпи. Во время загрузки шихты в доменную печь сегрегация может достигать 20 %, влияя на изменение газопроницаемости и интенсивности хода восстановительных процессов. Многочисленные исследования показывают, что значительное изменение газопроницаемости при частичном смешивании железорудного сырья с коксом зависит от характера радиального распределения материалов, а также приводит к незначительному повышению газодинамического сопротивления столба шихты. Это сказывается на перепаде давления в нижней и верхней зоне доменной печи. Доказано, что рас-

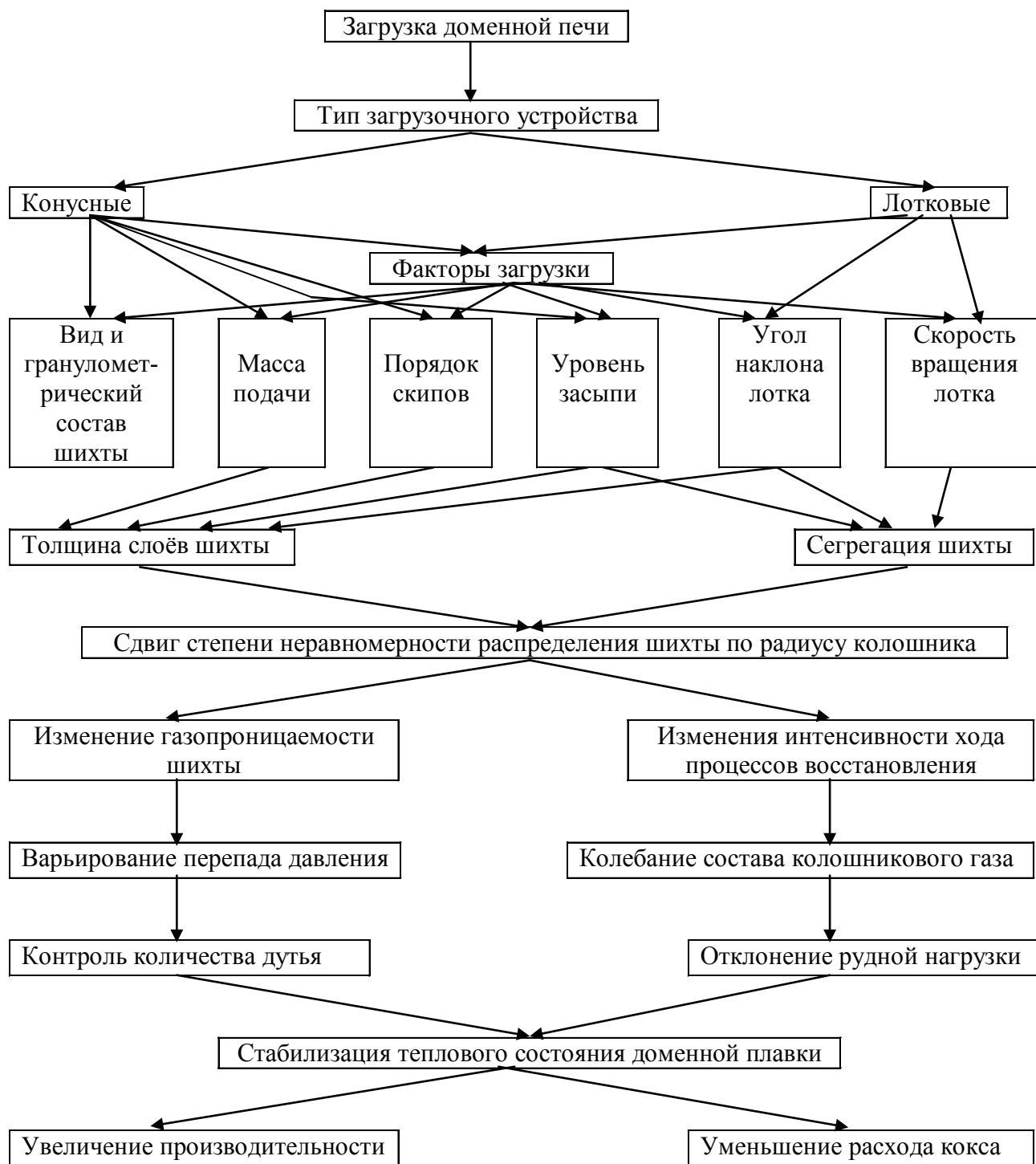
ход дутья непосредственно оказывает влияние на профиль засыпи и реологию слоев шихты. С увеличением количества дутья толщина слоёв сырьевых материалов в середине шахты уменьшается.

Характер восстановительных процессов в доменной печи связан напрямую с содержанием отдельных компонентов в колошниковом газе (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>). Параметры колошникового газа в основном отображают процессы косвенного восстановления. На прямое восстановление указывает изменение суммарного содержания CO и CO<sub>2</sub> в колошниковом газе, а скорость схода шихты и значение нижнего перепада статического давления газа влияют на ход процессов восстановления. При выборе рудной нагрузки, как одного из важнейших факторов, влияющих на изменения интенсивности процессов восстановления, необходимо помнить о том, что это сказывается на рациональном распределении соотношения количеств газа и рудных материалов по поперечному сечению столба шихты. Следовательно, значение рационального отношения количества железосодержащего сырья к коксу, загружаемого в печь и его изменение по сечению столба шихты, следует определять для конкретных сложившихся условий и параметров доменной плавки.

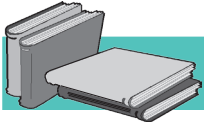
Выбор рациональных технологических приёмов и оптимальных значений факторов загрузки требует учёта всех приведённых в модели технологических факторов и параметров, обеспечивающих поддержание параметров интенсивности хода восстановительных процессов на максимальном уровне. Это необходимо поддерживать при соответствующей стабилизации теплового состояния печи с минимальными его отклонениями. Это, в конечном счёте, должно приводить к максимизации параметров производительности печи и снижению расхода кокса.

## **Выводы**

Разработана концептуальная модель интенсификации восстановительных процессов на основе рационального распределения шихты в доменной печи в результате использования знаний факторов, влияющих на промежуточные и конечные параметры процесса. Концептуальная модель – это взаимосвязь параметров, которая позволит определить структуру моделируемой системы, свойства её элементов и причинно-следственные связи, присущие системе для достижения цели моделирования. Аргументирована технологическая связь верхней и нижней зон печи, что даёт возможность детально исследовать факторы и параметры процесса для определения методов интенсификации и модернизации технологии плавки.



Концептуальная модель интенсификации восстановительных процессов на основе рационального распределения шихты в доменной печи



## ЛИТЕРАТУРА

1. Использование математических моделей распределения шихты на колошнике доменной печи для поиска рациональных режимов загрузки. // А. К. Тараканов, Н. Ш. Гринштейн, В. В. Бочка, А. И. Таранец, Ц. Э. Томасик. Научно-технический семинар: «Газодинамика и механика движения материалов в шахтных печах». – Свердловск, 1986 г. – С. 7-8.
2. Шур А. Б. О взаимосвязях доменного процесса. Теория и практика современного доменного производства (тезисы докладов). – Днепропетровск, 1983. – С. 106-107.
3. Словарь по кибернетике. Под ред. акад. В. М. Глушкова. – Киев: УСЭ, –1979. – 624 с.
4. Ковшов В. Н., Петренко В. А., Верещак В. И. Моделирование доменного процесса. Институт технологии. – Днепропетровск: 1997. – 110 с.
5. Петренко В. А., Ковшов В. Н., Заблоцкий П. А., Карауш Д. П. Методика расчёта распределения шихты и газа по радиусу доменной печи. // *Металл и литьё Украины*. – № 9. – С.19-22.

### Анотація

*Заблоцький П. О.*

Методичні основи розробки концептуальної моделі інтенсифікації відновних процесів на основі раціонального розподілу шихти в доменній печі

*Розроблена і обґрунтована концептуальна модель інтенсифікації відновлюючих процесів на основі раціонального розподілу шихти в доменній печі.*

### Ключові слова

*концептуальна модель, фактори завантаження, вплив параметрів доменної плавки, взаємозв'язок*

### Summary

*Zablotskiy P. A.*

Methodological fundamentals of creation conceptual model of intensification regenerative processes based on the rational distribution of the burden in the blast furnace

*Developed and justified the conceptual model of intensification of regenerative processes based on rational distribution of the burden in the blast furnace.*

### Keywords

*conceptual model, load factors, influence parameters of blast furnace smelting, interrelation*

Поступила 15.01.14