

**В.И.Большаков, А.А.Жеребецкий, В.В.Лебедь**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В БУНКЕРАХ БЕСКОНУСНОГО ЗАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА**

Представлены результаты предпусковых исследований особенностей загрузки шихтовых материалов в бункеры бесконусного загрузочного устройства (БЗУ) на доменной печи объемом  $3000 \text{ м}^3$ , оборудованной скиповым подъемником. Впервые получены экспериментальные данные о характере формирования поверхности шихтовых материалов в бункерах БЗУ, которые позволят расширить представление о процессах истечения и движения шихты в трактах БЗУ.

**доменная печь, бункера загрузочного устройства, движение шихты, формирование поверхности шихтовых материалов, экспериментальные данные**

**Постановка задачи.** Важнейшим этапом научно–технического обеспечения пуска доменной печи (ДП), оборудованной бесконусным загрузочным устройством (БЗУ), является комплекс исследований движения и распределения шихтовых материалов при загрузке печи перед ее задувкой [1–3]. В работе [1] показано, что пропускная способность системы загрузки зависит от реализуемой на ДП степени использования объема бункеров БЗУ  $n_б$ , которая должна достигать значения 0,75. Для оценки реализуемой на ДП величины этого коэффициента необходимо экспериментально оценивать степень реального использования объема бункеров. Результаты таких исследований позволят разработать рекомендации по увеличению пропускной способности системы и оценки ее реального резерва, необходимого для «догонки меры».

В рамках предпусковых исследований на доменной печи №1 ОАО «АМК» после капитального ремонта III–го разряда сотрудниками Института черной металлургии (ИЧМ) разработана программа исследований, которая включала определение особенностей формирования профиля поверхности шихты в бункерах при загрузке различных масс порций кокса, руды и железорудной смеси; оценку реальной полезной емкости бункеров БЗУ; влияние выгрузки из разных скипов на форму и положение вершины шихтовых материалов.

### **Изложение основных материалов исследований.**

Загрузочное устройство доменной печи №1 ОАО «АМК» оборудовано двумя шихтовыми бункерами, проектный полезный объем которых составляет по  $34 \text{ м}^3$ , отношение объема двух бункеров к объему печи ( $V_п=3000 \text{ м}^3$ ) составляет 0,02266. В то время как на печах с конусными ЗУ обычно составляет 0,027, а на печах, оснащенных БЗУ, достигает 0,3–0,31 [1]. Поэтому на исследуемой ДП, объемом  $3000 \text{ м}^3$ , оснащенной БЗУ и системой скиповой подачи шихты на колошник важно оценить правиль-

ность выбора объема бункеров и степени использования этого объема. Оценка реального значения степени использования объема бункеров позволит разработать обоснование и рекомендации по увеличению пропускной способности системы загрузки.

Для надежной эксплуатации БЗУ в реальных условиях доменного производства необходимо уточнение этого параметра на основе измерений и визуальной оценки при загрузке в бункеры порций различных видов материалов и их смесей. Основным условием ограничения предельного объема порций является обеспечение безопасной работы верхнего газуплотнительного клапана бункера, что отражается принятой величиной зазора между поверхностью засыпи шихты и нижней кромкой клапана при его открывании – не менее 500 мм (рис.1,а). Этот зазор должен исключить возможность соприкосновения тарели клапана с материалами даже при повышении уровня шихты в бункере из-за остатка материала предыдущей порции.

В результате экспериментальных загрузок в бункеры БЗУ определены предельные массы порций для рабочей шихты ДП №1: кокс – 18 т ( $32,7 \text{ м}^3$ ), агломерат – 56 ( $31,1 \text{ м}^3$ ) т, железорудная смесь (60 % агломерата, 40 % окатышей) – 60 т ( $30 \text{ м}^3$ ). При этом значение степени использования проектного объема бункеров БЗУ для кокса составляет 0,96, для железорудной смеси – 0,88.

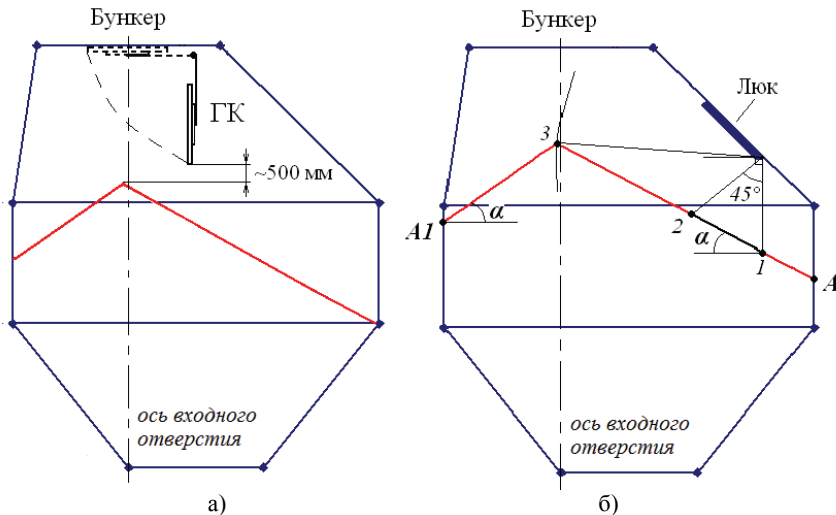


Рис.1. Методики определение предельных масс порций (а) и профиля поверхности шихтовых материалов в бункере БЗУ с помощью лазерного профилемера (б)

Известно [1], что пропускная способность системы загрузки существенно зависит от величины  $n_6$  и приближение величины этого коэффици-

циента к предельному значению, равному единице, способствует ее увеличению и долговечности основных механизмов системы. В результате обработки экспериментальных данных установлено, что предполагаемое повышение уровня в бункере вследствие указанных факторов, составит не более 200 мм, т.к. максимальная погрешность дозирования шихтоподачи, в исследовательский период, составила не более 0,447 т для кокса ( $0,81 \text{ м}^3$ ) и 3,8 т для железорудных материалов ( $1,9 \text{ м}^3$ ), что приведет к повышению вершины материалов на 0,048 м и 0,114 м соответственно. По мнению авторов, величину зазора между вершиной засыпи шихты и нижней кромкой тарели клапана при его открывании можно установить 350 мм, что позволит увеличить предельные массы порций для кокса на 1,37 т (19,37 т) и для железорудной смеси на 4,98 т (64,98 т). Это мероприятие обеспечит увеличение коэффициента использования объема бункеров  $n_b$  БЗУ для кокса  $\sim 1,0$ , для железорудной смеси – 0,955. Для практической реализации этих предложений необходимо дополнительно рассмотреть возможность загрузки и транспортировки увеличенной массы и объема порций, загружаемых в скипы подъемника. При существующем номинальном объеме скипов ДП-1 «АМК»  $20 \text{ м}^3$  и нормативной величине использования этого объема 0,9, возможный объем порций в скипах составляет  $18 \text{ м}^3$ , а объем двух скипов, загружаемых в бункер БЗУ должен составлять не более  $36 \text{ м}^3$ .

Определение профиля поверхности засыпи шихтовых материалов в бункере выполнялось посредством бесконтактного способа с помощью лазерного дальномера, обеспечивающего высокую точность и стабильность измерений, а также безопасность исследователей, исключая необходимость спуска персонала в рабочее пространство бункера, заполненного горячим агломератом. Все замеры выполнялись относительно нижней внутренней кромки бункерного люка («реперная» точка). Разработанная методика (рисунок 1, б) предусматривает определение координат трех точек, которые позволяют определять параметры профиля поверхности засыпи – угол откоса, положение вершины материалов и др. Точки «1» и «2», координаты которых определяются расстояниями от нижней кромки люка до поверхности засыпи под углами  $90^\circ$  и  $45^\circ$ , образуют отрезок с углом наклона (откоса) «а» к горизонту. Положение вершины материалов (точка «3») вычисляется как точка пересечения прямой, проведенной через точки «1 – 2», и окружности с радиусом, равным расстоянию от нижней кромки люка до вершины поверхности засыпи. Отрезки «3 – А» и «3 – А1» (проведенные через точку «3» до пересечения с вертикальными образующими стенок бункера под углом «а») характеризуют измеренный профиль поверхности засыпи шихты.

Результаты выполненных по описанной методике измерений профиля засыпи шихтовых материалов в бункерах БЗУ, представлены на рис.2.

Из рис.2 следует, что при прочих равных условиях (при одинаковой массе загружаемых порций кокса) уровень засыпи шихты в левом бункере

выше, чем в правом. Таким образом, левый бункер является лимитирующим по максимально допустимому объему порций, составляющих шихту ДП №1 (это подтверждается реальными измерениями, по результатам которых, диаметр левого бункера на 0,2 м меньше.

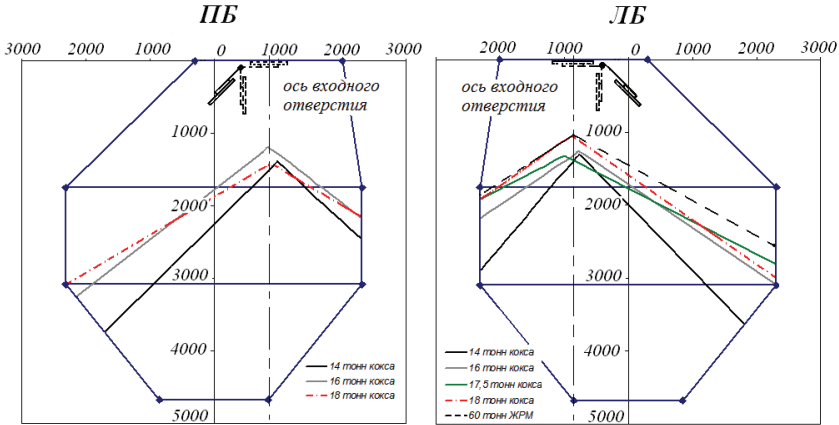


Рис.2. Изменение параметров засыпи шихты в бункерах БЗУ ДП №1 при различном количестве загружаемого в них кокса и рабочей железорудной порции массой 60 т при соотношении в смеси агломерата и окатышей 60/40

При выполнении исследований на бункерах БЗУ выявлены следующие особенности загрузки и выгрузки из них порций шихтовых материалов:

– вершина поверхности засыпи шихты при различных видах материалов порций и их массе располагаются вблизи оси входного тракта бункера (отклонение от оси составляет не более 100 мм). Наблюдаемое отклонение положения вершины засыпи шихты относительно оси входного тракта бункера, по нашему мнению, объясняется влиянием выгрузки материалов в приемную воронку из разных скипов и требует более детального изучения. Схема процесса формирования поверхности засыпи в бункере БЗУ отображена на рис.3;

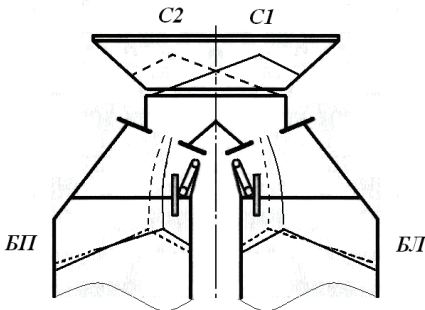


Рис.3. Схема процесса формирования положения вершины поверхности засыпи в бункере БЗУ при выгрузке шихты из разных скипов. С1, С2 – скипы; БЛ, БП – бункеры БЗУ.

– по мере наполнения бункера происходит «выполаживание» поверхности засыпи шихты – уменьшаются углы откоса материала. По результатам измерений фактические углы откоса кокса изменялись в пределах от  $34,7^\circ$  до  $29,8^\circ$ . Вследствие технических затруднений зафиксировать «выполаживание» железорудных материалов не удалось, а значение угла откоса определено лишь для железорудной смеси (60 % агломерата, 40 % окатышей) массой 60 т, которое составило  $25,9^\circ$ ;

– при выгрузке материалов из бункера БЗУ вначале происходит уменьшение высоты вершины, а затем образование осевой воронки, дальнейшее истечение материалов из бункера обусловлено ссыпанием материалов к вертикальной оси бункера по склону воронки с последующим их сходом по оси воронки. При этом наблюдался пульсирующий характер схода шихты в бункере, что соответствует особенностям процесса разгрузки, зафиксированным по результатам лабораторных исследований [2]. Следует отметить, что стабильное истечение происходит в стационарных бункерах, имеющих вблизи выпускного отверстия наклон стенок к горизонтали в пределах  $45\text{--}55^\circ$  [4]. Проектный угол наклона стенок бункеров, установленных на ДП №1 ОАО «АМК», составляет около  $47,8^\circ$ , однако, по визуальным наблюдениям, изношенные футеровочные плиты рабочего пространства бункера образуют меньшей угол наклона к горизонту. Это может приводить к образованию остатка шихтовых материалов и, следовательно, к переполнению бункера при работе с максимальным коэффициентом использования объема, а также уменьшает стабильность реализации заданных параметров распределения шихтовых материалов. Для избежания подобных ситуаций целесообразно выполнять плановый осмотр технического состояния защитных плит, а также, в случае необходимости, их оперативное восстановление.

Следует отметить, что на БЗУ ДП №1 по ряду технических причин отсутствуют средства контроля процессов загрузки в бункеры и выгрузки из них шихтовых материалов, предусмотренные проектом загрузочного устройства: месдозы на опорах бункеров и изотопные датчики в нижней части бункеров. Альтернативный контроль указанных процессов может быть обеспечен с помощью радиолокационных датчиков уровня. Результаты выполненных исследований в дальнейшем будут использованы для обоснованного выбора рациональных параметров установки радиолокационных датчиков измерения уровня шихты в бункерах и разработки алгоритмов оценки и представления персоналу показаний датчика, что обеспечит надежный контроль и управление процессом выгрузки материала в ДП №1.

### **Заключение**

Сотрудниками ИЧМ впервые получены экспериментальные данные о характере формирования поверхности шихтовых материалов в бункерах БЗУ, которые позволят расширить представление о процессах истечения и движения шихты в трактах БЗУ.

Разработана и опробована методика определения параметров профиля поверхности шихты в бункерах с помощью лазерного дальномера, что существенно упрощает процесс получения данных и увеличивает их достоверность.

На основе комплексного анализа расположения материалов в бункерах БЗУ разработаны рекомендации по увеличению пропускной способности системы загрузки путем обоснованного увеличения степени использования объемов бункеров до  $\sim 1$  для кокса и 0,955 для железорудной смеси. Однако следует отметить, что применение режима работы с предельными величинами степень использования объема требует от технологического персонала регулярного проведения плановых осмотров технического состояния защитных плит бункеров, организации контроля образования остатка шихтовых материалов, а также уменьшения погрешности дозирования железорудных материалов и добавок путем рационального выбора используемых грохотов (например, использовать грохоты расположенные или ближе к весовой воронке, или на одинаковом расстоянии от нее).

Результаты анализа выполненных измерений и визуальных наблюдений будут использованы для обоснованного выбора рациональных параметров установки радиолокационных датчиков уровня шихты в бункерах и разработки алгоритмов оценки и представления персоналу показаний датчика, что обеспечит надежный контроль и управление процессом загрузки материала в печь.

1. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. – М.: Металлургия, 1990. – 256 с.

2. *Банников Д.О.* Особенности процесса разгрузки бункерных емкостей. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2008 – №5 – С.131–135.

3. *Гячев Л.В.* Основы теории бункеров. – Новосибирск: из-во НГУ, 1992. – 312с.

4 *Зенков Р.Л., Гриневич Г.П., Исаев В.С.* Бункерные устройства. – М.: Металлургия, 1977. – 222 с.

*Статья рекомендована к печати докт.техн.наук И.Г.Муравьевой*

***В.І.Большаков, А.О.Жеребецький, В.В.Лебідь.***

**Дослідження формування поверхні шихтових матеріалів у бункерах бесконусного завантажувального пристрою**

Представлено результати передпускових досліджень особливостей завантаження шихтових матеріалів у бункери бесконусного завантажувального пристрою (БЗП) на доменній печі об'ємом 3000 м<sup>3</sup>, обладнаної скіповим підйомником. Вперше отримано експериментальні дані щодо характеру формування поверхні шихтових матеріалів у бункерах БЗП, що дозволять розширити уявлення про процеси витікання і руху шихти в трактах БЗП.