

**Д.Н. Тогобичкая, А.С. Нестеров, А.И. Белькова, А.Ф. Хамхотько,  
Н.А. Гладков, И.В. Грипас, Н.Е. Ходотова**

### **КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА НА СОСТАВ ПРОДУКТОВ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ**

Представлены базовые положения разработанной компьютерной системы сквозного анализа процесса выплавки чугуна, позволяющей на основе материального баланса аглодоменного производства производить его корректировку с разнесением невязок по указанным источникам их образования (расходам и химическому составу шихтовых материалов)

#### **Постановка задачи.**

В современных условиях производства конкурентоспособной металлопродукции повысить эффективность анализа основных показателей технологии ее производства позволяют автоматизированные системы контроля, анализа и управления. Эффективность выбора наиболее приемлемого варианта с точки зрения минимизации затрат сырья и энергии, применения наиболее доступных сырьевых ресурсов, наименьших выделений в окружающую среду существенно возрастает при наличии сквозных технико-экономических моделей производства металла. Учитывая опыт создания такой модели, включающей технологию доменной и конвертерной плавки, внепечной обработки чугуна и стали [1] нами с целью оценки влияния технологии производства агломерата на состав продуктов доменной плавки создана компьютерная система сквозного анализа процесса выплавки чугуна на основе материального баланса аглодоменного производства.

Составление надежного материального баланса является проблематичной задачей, осложняющейся рядом факторов, которые снижают надежность и достоверность составления балансов. Одним из путей повышения достоверности балансов является разработка специального алгоритма, позволяющего разнести невязки между статьями баланса и этим повысить точность его определяющих или подвергаемых изучению разделов. При этом корректировке подвергают, в основном, три раздела: состав и расход шихтовых материалов, количество выплавленного металла с учетом реального времени процесса плавки, количество и качество дутья, выход и состав колошникового газа.

#### **Методика исследования.**

В настоящей работе алгоритмы анализа показателей агломерационного и доменного передов базируется на реализации методологии современных методов расчетов материального баланса [2–4].

Методика, реализованная в системе сквозного анализа, предназначена для решения следующих задач:

1. Расчет состава и массы агломерата, спекаемого за установленный период и поставляемого в доменный цех на основе баланса исходного сырья загружаемой аглошихты.

2. Расчет баланса доменной плавки по загружаемой шихте и показателям продуктов плавки, а также для корректировки расхода агломерата и содержания железа в нем для минимизации невязки баланса по железу.

3. Сквозной баланс производства агломерата и его потребления в доменном производстве с целью взаимообусловленности увязки сырьевых условий производства и потребления железорудных материалов в пределах предприятия.

Разработанные алгоритмы реализованы в программном комплексе сквозного анализа «SKVOSNAGL», включающего три главных модуля – баланс производства агломерата – программа «AGLO»; материальный баланс доменной плавки – программа «DOMNA»; сквозной анализ производства и потребления агломерата «SKVOSNAGL» (рис.1).

В основу прогноза состава и выхода агломерата, реализованного в программе «AGLO», положены алгоритмы расчета рудной смеси, состоящей из концентратов, используемых на предприятии и различных отходов, в том числе, колошниковой пыли, шлаковой смеси, известковой пыли и т.д., а также выхода агломерата по количеству рудной смеси, известняка и коксовой мелочи. Данная задача предназначена для анализа влияния шихтовых условий агломерации на состав и производство агломерата.

В дальнейшем полученные результаты используются для сквозного расчета показателей в цепи «аглопроцесс – доменная плавка» и сравнения их с фактическими (отчетными) данными для оценки возможных невязок.

#### **Изложение основных материалов исследования.**

Анализ процесса выплавки чугуна осуществляется на основе минимизации невязок материального баланса. Расчет материального баланса включает в себя несколько разделов: баланс шлакообразующих окислов; баланс элементов Fe, Mn, Si, S, C, Ti; сводный материальный баланс по приходу и расходу материалов.

В результате работы программы «DOMNA» формируется таблица, в которой автоматически собираются все исходные данные по приходу влажных и сухих материалов в кг/т чугуна и рассчитывается приход в кг/т шлакообразующих окислов и их элементов. В соответствии с алгоритмом расчета баланса формируется расходная часть баланса за этот же период, в которой фиксируются выход чугуна, рассчитываются выход шлака и расход окислов и элементов в кг/т, а также учитывается вес колошниковой – уловленной и неуловленной пыли. По приходу и расходу всех материалов подсчитываются невязки баланса.

Фактическое количество жидкого чугуна у летки рассчитывается с учетом коэффициента экспериментальной погрешности  $\alpha=0,15-0,3$ :  $P_{\Phi} = P_{ж}/\alpha$ , где  $P_{ж}$  – количество жидкого чугуна по отвесным ковшам, т/сут.

Для расчета выхода шлака использованы следующие подходы:

- по приходу шлакообразующих оксидов и содержанию их в шлаке;
- по удельному приходу оксидов и элементов, поступающих с шихтовыми материалами в печь с учетом степени перехода их в шлак ( $\mu$ );
- по сумме шлакообразующих железосодержащих компонентов и содержания в шлаке MnO, FeO и S.

Кроме традиционного расчета баланса железа предусмотрен вариант расчета по количеству внесенного в печь железа как разницы между суммарным приходом компонентов шихты, выносом пыли, кислородом окислов железа, летучих (содержание, летучих пыли, части серы и щелочей), оксидов, израсходованных на восстановление Si, Mn, P, Ti и количеством пустой породы (оксидов). Минимизация невязок осуществляется по специальным алгоритмам с учетом долей ошибок в расходах рудных материалов и содержанием железа.

Сквозной анализ производства агломерата и его потребления в доменном производстве выполняется в подсистеме «SKVOSNAGL» за указанный период в трех вариантах расчета по следующим входным данным:

- фактическим показателям доменной плавки;
- скорректированным показателям расхода и состава агломерата, полученным в результате доменного баланса и разнесения невязки на расход и содержание железа в агломерате;
- фактическому расходу агломерата и его состава, полученному по балансу агломерационного передела, который используется для расчета материального баланса в доменном производстве.

Система сквозного анализа аглодоменного производства реализована в среде объектно–ориентированного программирования Delphi. В системе предусмотрена возможность ввода данных о загружаемой агломерационной и доменной шихте, химическом составе чугуна и шлака в режиме ручного ввода, а также формирования массивов данных за указанный период из баз данных АСУТП комбината, связь с которыми осуществляется в результате специальных разработок в процессе адаптации системы к конкретным условиям. Реализация функций ввода, корректировки данных, ведения справочников материалов, расчетов баланса аглошихты, доменной шихты и сквозного анализа, формирования выходных документов и отображения информации на экране монитора (видеокадров) осуществляется в системе с помощью удобного сервиса выбора соответствующих пунктов меню и подсказок Пользователю. На рис. 2–5 представлены видеокдры работы подпрограмм.

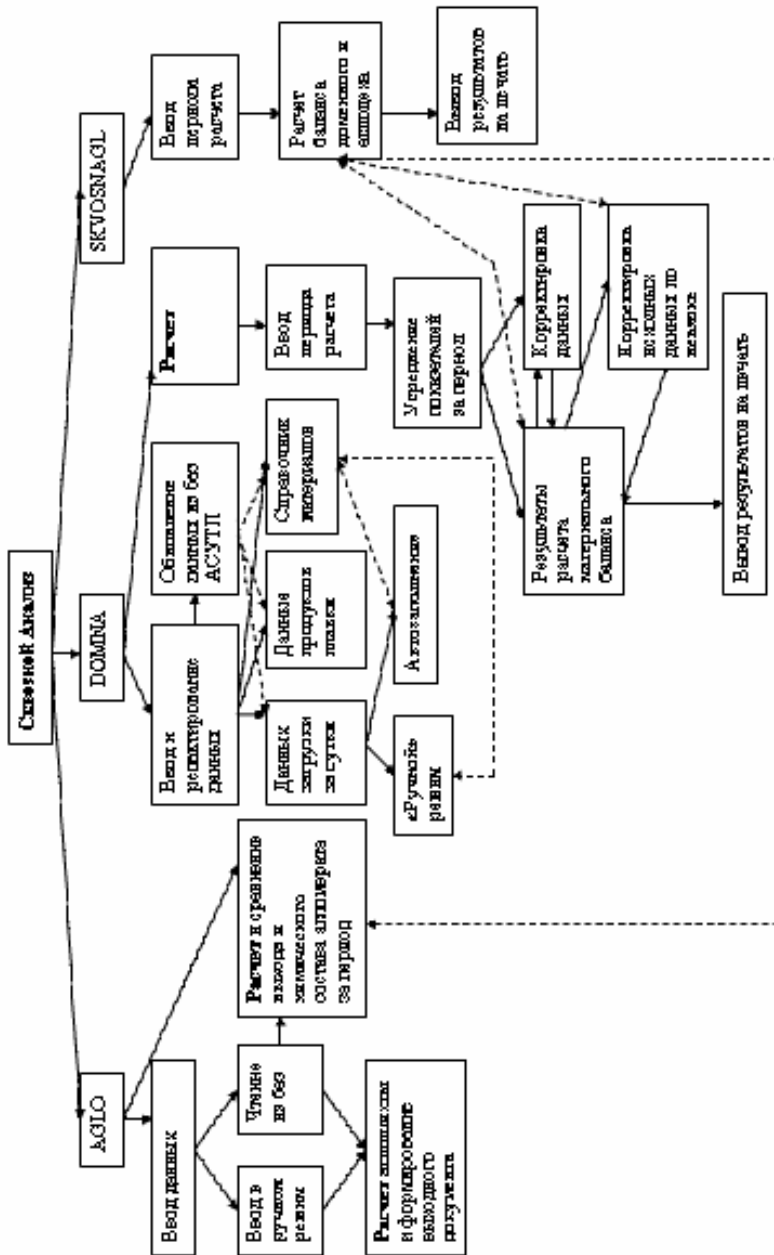


Рис.1. Функциональная схема системы сквозного анализа аглодоменного производства

Form1

Ввод Расчет Расчет периода Печать Агл. фактин. Корректировка Выход

Дата расчёта: 17.01.03 Аглоцех: 2

**ИСХОДНЫЙ СОСТАВ РУДНОЙ СМЕСИ:**

Наименование материала	Расход	Влага	Сухой	Fe	FeO	Fe2O3	MnO	SiO2
	тн	%	тн	%	%	%	%	%
Ковдорский к-т	92.4	1.73	90.80	63.87	24.25	64.39	0.56	0.81
Оленегорский к-т	167.4	1.83	164.30	65.64	27.8	62.98	0.15	7.4
Стойленский к-т	27.9	7.33	25.85	65.98	28.5	62.68	0.08	7.3
Возврат собственный	0.01	0.0	0.01	58.33	0	83.41	0.0	5.6
Окалина шланговая	33.4	8.1	30.69	65.7	52.4	35.73	0.6	2.4

**ИСХОДНЫЙ СОСТАВ АГЛОМЕРАТА:**

Наименование материала	Расход	Влага	Сухой	Fe	FeO	MnO	SiO2	CaO
	т/ч	%	т/ч	%	%	%	%	%
Известник	31.3	5.28	29.65	0.99	0	0	1.41	53.3
Мелочь коксовая	21.9	14.05	18.82	2.34	0	0	7.99	0.7

РАСЧЕТ РУДНОЙ СМЕСИ

Дата расчёта: 17.01.03 Цех: 2

Наименование материала	Расход (т/ч)	Влага %	Сухой (т/ч)	Fe	FeO	Fe2O3	MnO	SiO2	CaO	MgO
Ковдорский к-т	92.401	1.731	90.801163.870124.184164.2131	0.5581	0.8881	0.4191	5.7341			
Оленегорский к-т	167.401	1.831	164.337165.640127.729162.8161	0.1501	7.4111	0.4691	0.4391			
Стойленский к-т	27.901	7.331	25.855165.980128.366162.3901	0.0801	7.3351	0.2791	0.4381			
Возврат собственный	0.011	0.001	0.010158.33010.000183.9831	0.0001	5.6991	7.7121	2.6181			
Окалина шланговая	33.401	8.101	30.695165.700152.777135.9861	0.6041	2.4271	3.9381	0.3831			
Пыль известковая	0.901	0.001	0.90010.00010.00010.0001	0.0001	1.6141	80.0211	1.0931			
Пыль коксовая	39.301	5.221	37.249129.300113.395126.4761	2.4881	10.4441	129.6831	8.8151			
Пыль колумбитовая	1.001	11.241	0.888132.57017.185138.4921	0.1001	6.3361	4.8101	1.3571			

Рис.2. Формирование выходного документа расчета агломерата

Form1

Период расчёт: 1.01.03 Аглоцех: 2

02.01.0

**СРАВНЕНИЕ АГЛОМЕРАТА РАСЧЁТНОГО И ФАКТИЧЕСКОГО:**

	Пр-во. т.	Пр-во. т/сут.	Fe	FeO	CaO	SiO2	MgO
Агл. Фактический	22745.0	11372.5	58.28	13.12	5.41	7.57	2.68
Агл. Расчётный	21181.8	10590.9	58.17		7.77	5.81	2.84

Расчёт Печать Выход

Рис.3. Сравнение расчетных и фактических показателей производства агломерата за период

В случае, когда расчет баланса доменной плавки осуществляется за период, а не за указанную дату, показатели загружаемых материалов усредняются (средне взвешиваются по производству чугуна) и выдаются на экран с возможной корректировкой данных. Такая корректировка может быть полезна для проведения вычислительного эксперимента на одном базовом варианте счета с различными вариантами корректировки отдельных показателей – расхода агломерата, окатышей и т.д. или химсостава материала – содержания железа и т.д. Аналогично усредняется массив продуктов плавки за период. Основным условием точности расчета является полнота и достоверность исходной информации о составе и расходе шихтовых материалов.

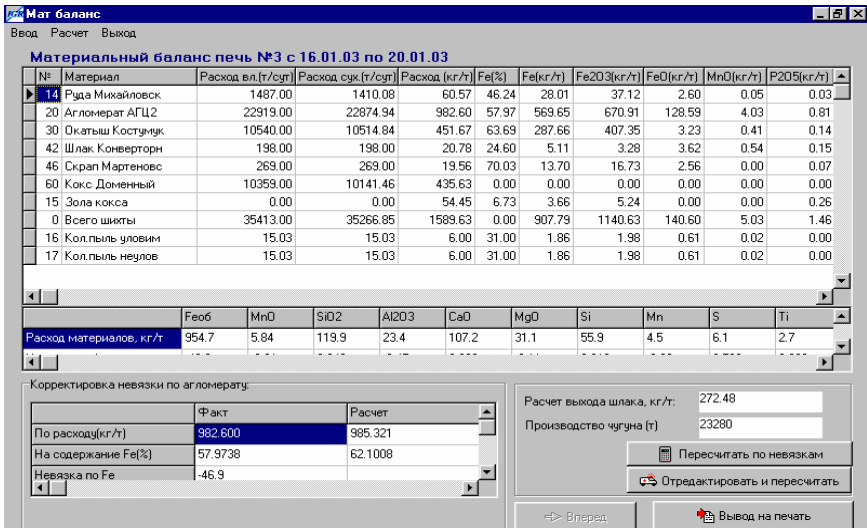


Рис.4. Окно результатов материального баланса за период

На рис.5 представлена выходная форма работы программного комплекса сквозного анализа в варианте анализа баланса доменного и аглоце-ха.

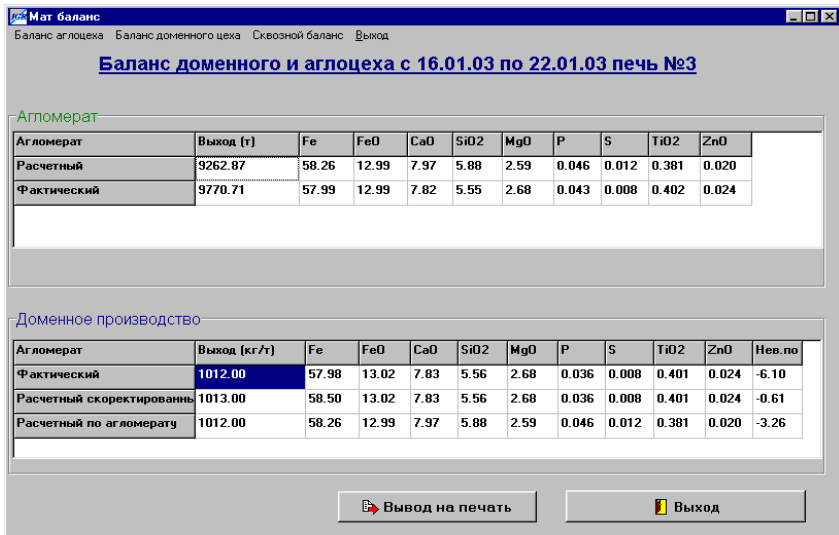


Рис.5. Видеокادر системы сквозного анализа аглодоменного производства

**Выводы.** Таким образом, с помощью системы сквозного анализа аглодоменного производства технологю предоставляется возможность уста-

новленные в доменном цехе наиболее вероятные обоснованные расходы шихтовых материалов на выплавку определенного объема чугуна за анализируемый период сопоставлять с объемом фактически произведенного за тот же период агломерата с учетом его потерь в аглодоменном производстве. Невязка в расходах агломерата после соответствующего анализа, устраняется за счет выявления его источника.

1. *Старов Р.В., Тогобицкая Д.Н., Харахулах В.С., Гладков Н.А., Матухно Г.Г.* Сквозная модель производства жидкого металла, включающая технологию доменной и конвертерной плавки, внепечной обработки чугуна и стали // *Металл и литье Украины*. – Киев. – 1995. – №1. – С.10–15.
2. *Рамм А.Н.* Со временный доменный процесс. –М.:Металлургия. –1980. –304с.
3. *Товаровский И.Г., Севернюк В.В., Лялюк В.П.* Анализ показателей и процессов доменной плавки. –Днепропетровск: Пороги, 2000. –420с.
4. *Шур А.Б.* Составление материальных и тепловых балансов доменной плавки // *Доменное производство*. Приложение к журналу «Сталь». –М.: Metallurgizdat, 1961. –С.13–23.

*Статья рекомендована к печати к.т.н. Н.М.Можаренко*