

УДК 669.162.2

Томаш А.А.¹, Кривенко С.В.², Русских В.П.³,
Тарасов В.П.⁴, Семакова В.Б.⁵

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ШИХТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АГЛОДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Разработана система комплексного анализа аглодоменного производства, которая позволяет оптимизировать расходы компонентов агломерационной и доменной шихты, а также технологические параметры производства. Критерием оптимальности является максимальный суммарный экономический эффект производства.

Ключевые слова: шихта, технологические параметры, оптимизация, себестоимость, чугуны.

Томаш О.А., Кривенко С.В., Руських В.П., Тарасов В.П., Семакова В.Б. Оптимізація складу шихти та технологічних параметрів аглодоменного виробництва. Розроблено систему комплексного аналізу аглодоменного виробництва, яка дозволяє оптимізувати витрати компонентів агломераційної та доменної шихти, а також технологічні параметри виробництва. Критерієм оптимальності є максимальний сумарний економічний ефект виробництва.

Ключові слова: шихта, технологічні параметри, оптимізація, собівартість, чавун.

A.A. Tomash, S.V. Krivenko, V.P. Russkyh, V.P. Tarasov, V.B. Semakova. Optimization of composition of charge and technological parameters of sintering and blast productions of production. The system of complex analysis of sintering and blast productions is developed, which allows optimizing the charges of components of sintering and blast-furnace mixes, and also technological parameters of production. A maximal total economic effect of production is the criterion of optimality.

Keywords: mix, technological parameters, optimization, prime price, cast-iron.

Постановка проблемы. Высокие технико-экономические показатели работы доменного цеха в значительной мере определяются качеством используемого окучкованного сырья, которое должно соответствовать определенным химическим и физическим требованиям. Однако улучшение качества окучкованного сырья способствует повышению его стоимости. Введение в аглошихту дешёвых железосодержащих отходов снижает стоимость агломерата и, соответственно, способствует снижению себестоимости чугуна. В то же время относительно низкое содержание железа в отходах приводит к снижению его содержания в агломерате, увеличению выхода доменного шлака и удельного расхода кокса, снижению производительности доменной печи и, в конечном итоге, к повышению себестоимости чугуна. Напротив, введение в состав шихты для производства агломерата дорогостоящих концентратов и руд с высоким содержанием железа способствует удорожанию агломерата и повышению за счёт этого стоимости чугуна, с одной стороны, а с другой стороны обеспечивает снижение удельного расхода кокса и рост производства чугуна со снижением его себестоимости. Таким образом, суммарное влияние состава аглошихты на технико-экономические показатели доменной плавки может оказаться как позитивным, так и негативным, в зависимости от того какая тенденция окажется более весомой. Поэтому в практике аглодоменного производства часто встречаются задачи оптимизации с противоположными тенденциями. Их решение требует выбора одного из двух или нескольких альтернативных вариантов, каждый из которых одновременно оказывает и положительное, и негативное влияние на технологический процесс.

Анализ последних исследований и публикаций. Примерами задач оптимизации с про-

¹ д-р техн. наук, профессор, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

² канд. техн. наук, доцент, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

³ канд. техн. наук, доцент, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

⁴ д-р техн. наук, профессор, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

⁵ канд. техн. наук, доцент, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь

типоволожними тенденціями в доменному виробництві являються: заміна сирового известняка в доменной плавке конверторним шлаком, вибор состава доменной шихты, заміна частини кокса природним газом или другими видами топлива и т.д. [1]. Так, в доменном цехе ОАО «ММК им. Ильича» успешно заменяют сырой известняк конверторным шлаком, а на ОАО «МК «Азов-сталь» конверторный шлак не применяют, расходуя до 100 кг/т чугуна сирового известняка. Однако на обоих комбинатах не сделан технико-экономический анализ применения разных флюсующих добавок для ошлаковывания пустой породы железосодержащей части шихты. Часто решение таких задач оптимизации осуществляется специалистами на основании собственного субъективного опыта без количественной оценки суммарного влияния различных компонентов шихты, параметров комбинированного дутья и других факторов на технологию и показатели доменной плавки, а также без расчета суммарных технико-экономических результатов аглодоменного производства. При этом обычно абсолютизируется только одна тенденция и не принимаются во внимание другие. В результате на разных предприятиях часто принимают противоположные решения по одному и тому же вопросу. Для правильной оптимизации и прогнозирования результатов аглодоменного производства необходимо внедрение системы, осуществляющей комплексный расчет, начиная от выбора параметров окускования сырья и заканчивая выплавкой чугуна.

Цель статьи – разработка системы комплексного анализа аглодоменного производства, позволяющей оперативно выбирать состав агломерационной и доменной шихты, а также технологические параметры с целью достижения наилучших технико-экономических показателей совместно доменного и агломерационного цехов.

Изложение основного материала. Система комплексного анализа аглодоменного производства (СКААДП) состоит из четырех расчетных модулей: I - состава агломерационной шихты и агломерата; II - технико-экономических показателей агломерационного производства; III - материального и теплового баланса доменной плавки; IV - изменения себестоимости чугуна (рис. 1).

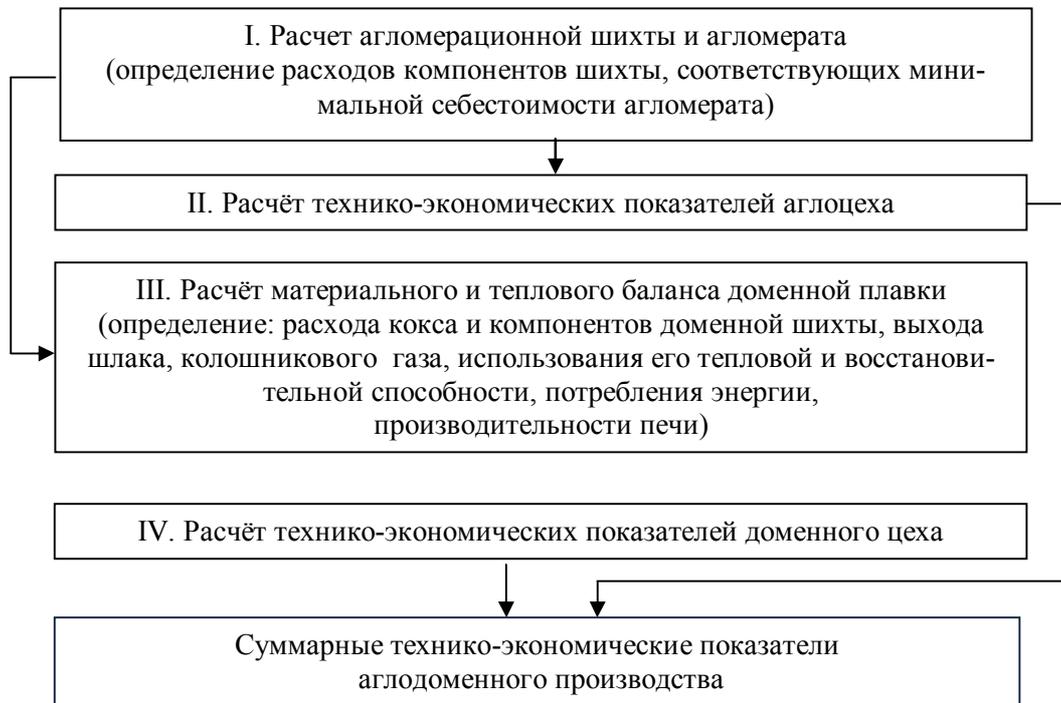


Рис. 1 – Структура системы комплексного анализа аглодоменного производства

Исходными данными для модуля I СКААДП являются исходный химический состав и стоимость компонентов аглошихты, а также требования к химическому составу агломерата. Расчет производят с использованием разработанного метода линейного программирования [2]. Составляют систему уравнений теплового и материального балансов, основности агломерата, а

также балансов химических элементов (соединений). Целевой функцией, которую необходимо минимизировать, является уравнение баланса себестоимости агломерата. Систему уравнений можно дополнять, однако, при этом необходимо учитывать новые компоненты или параметры, чтобы число уравнений в ней было равно количеству рассчитываемых неизвестных значений. В результате определяют расход компонентов аглошихты, соответствующий минимальной себестоимости агломерата.

Ядром СКААДП является модуль III, в котором расчёт материального и теплового балансов доменной плавки реализован методикой, представленной в работе [3]. По его результатам определяют удельные расходы шихтовых материалов на выплавку 1 т чугуна, удельный расход кокса, затраты тепла на нагрев дутья, выход и состав шлака и колошникового газа.

Расчёты модулей II и IV представляют собой фрагменты соответствующих калькуляций. Оптимальные расходы компонентов агломерационной и доменной шихт, а также технологические параметры производства, полученные в результате расчетов, должны соответствовать максимальному суммарному экономическому эффекту аглодоменного производства.

Для многих задач: выбора состава доменной шихты, замены известняка конверторным шлаком, замены части кокса другими видами топлива - нет необходимости в определении расхода компонентов аглошихты и изменения себестоимости агломерата. В таком случае достаточно выполнения расчётов для исходных данных, непосредственно связанных с доменной плавкой, без использования модулей I и II СКААДП.

Выполнение технико-экономического анализа нескольких альтернативных вариантов, количество которых может составлять 10 и более, весьма трудоёмкая задача. Для ускорения её решения был разработан комплекс компьютерных программ, соответствующих расчётам. Результаты расчёта одной программы становятся исходными данными для последующей. Например, результаты расчёта расхода кокса, флюса, железорудных материалов, производительности доменной печи вводятся в программу расчёта изменения себестоимости чугуна. На рис.2 представлен фрагмент интерфейса программы компьютерного расчёта материального и теплового баланса доменной плавки.

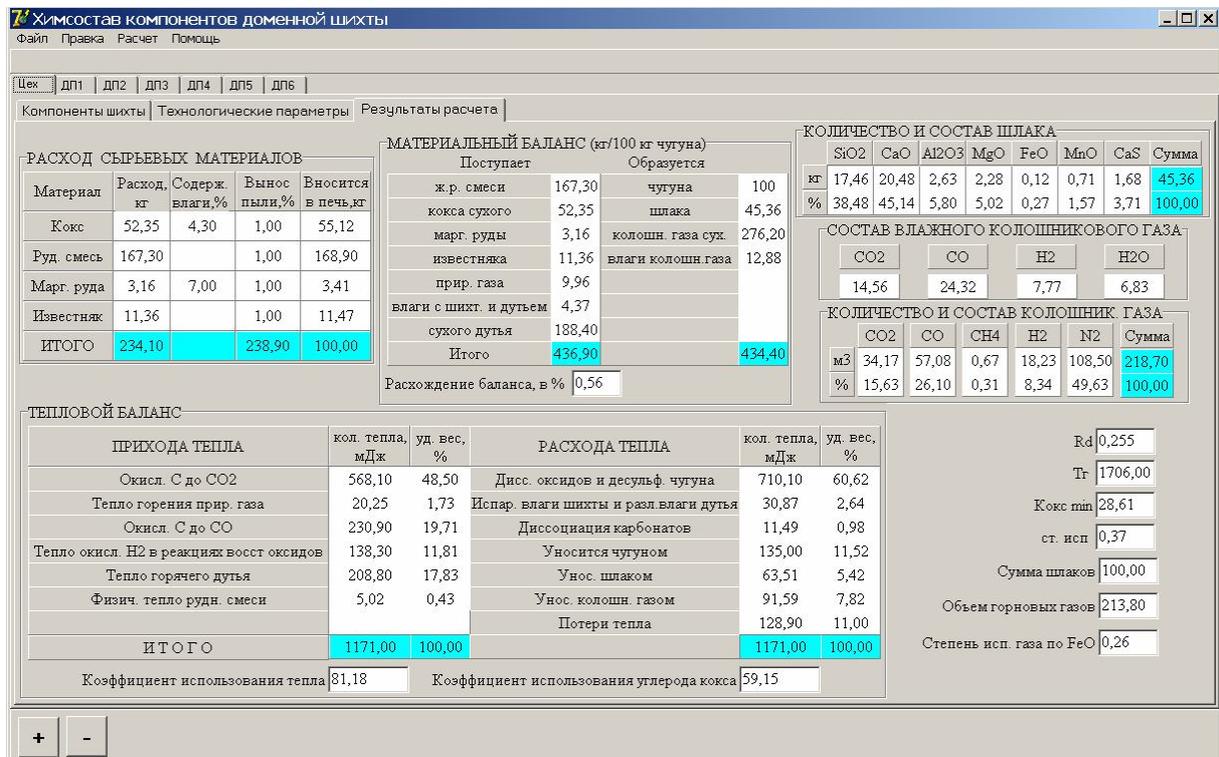


Рис. 2 – Программа расчёта материального и теплового баланса доменной плавки

С использованием разработанного программного обеспечения осуществлен выбор оптимального варианта технологии при подаче в шихту аглофабрики ОАО «МК «Азовсталь» руды КЖРК украинского производства и аглоруды, поставляемой из Бразилии. Их сравнительная

характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика бразильской и украинской аглоруды

Железорудный материал	Содержание, %		Стоимость, грн/т
	<i>Fe</i>	<i>SiO₂</i>	
Аглоруда бразильская	67,5	1,09	464,19
Аглоруда КЖРК (Украина)	62,4	8,39	188,85

Содержание *Fe* в бразильской руде значительно больше, чем в украинской, но она дороже в 2,5 раза. Во время опытного периода подачи бразильской руды в шихту аглофабрики «МК «Азовсталь» действовало множество сопутствующих факторов, искажавших результаты испытаний. Из-за простоев в кислородно-конверторном цехе сократилось производство чугуна. Одновременно с бразильской рудой в аглошихту вводили пиритные огарки, снижавшие содержание железа в рудной смеси. В результате испытаний на комбинате сложилось мнение, что стоимость импортной руды сильно завышена, а её применение экономически не оправдано.

Расчётный анализ по разработанной методике со стабилизацией всех посторонних факторов показал результаты, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа применения украинской и бразильской аглоруды на аглофабрике ОАО «МК «Азовсталь»

Показатель	Агломерат из руды КЖРК	Агломерат из бразильской руды
Содержание <i>Fe</i> в агломерате, %	59,83	63,26
Стоимость 1 т агломерата, грн.	292,94	359,82
Расход железорудной шихты на 1 т чугуна, кг	1587	1543
Стоимость шихты на 1 т чугуна, грн.*	560,43	575,48
Расход кокса, кг/т чугуна	524	511
Выход шлака, кг/т чугуна	384	332
Производительность печей, %	100	102,5
Себестоимость чугуна, грн./т	1285	1285

* – содержание агломерата собственного производства в доменной шихте составляет 30 %.

При переходе на бразильскую аглоруду стоимость 1 т агломерата возрастает на 66,88 грн. Благодаря увеличению содержания железа в агломерате на 3,43 %, сокращается расход рудных материалов на 1 т чугуна. В результате стоимость доменной шихты, расходуемой на 1 т чугуна, увеличивается на 15,05 грн. Снижение расхода кокса на 13 кг/т чугуна и сокращение условно-постоянных расходов обеспечивает дополнительную экономию. В результате себестоимость чугуна в обоих вариантах остаётся неизменной, 1285 грн/т, и решающим фактором становится увеличение производительности доменной плавки на 2,5 % при применении бразильской аглоруды. При исходной производительности доменного цеха 6,0 млн. т. чугуна в год экономический эффект для доменного цеха составит $\mathcal{E}_{д.ц.} = 193,2$ млн. грн, для агломерационного цеха при производительности 2 млн.т/год – $\mathcal{E}_{а.ц.} = -133,76$ млн. грн. Суммарный экономический эффект аглодоменного производства $\mathcal{E}_{а.д.} = \mathcal{E}_{д.ц.} + \mathcal{E}_{а.ц.} = 59,44$ млн. грн/год. Обычно украинская руда содержит меньше железа, чем указано в табл. 1, т.е. 56 - 59 %. В сравнении с такой рудой отечественного производства эффективность применения бразильской руды не вызывает сомнений. Таким образом, применение богатой, но более дорогой импортной железной руды в шихте аглофабрики ОАО «МК «Азовсталь» предпочтительнее, чем использование отечественной руды с меньшим содержанием железа. Встречающееся мнение о неэффективности применения бразильской руды представляется необоснованным.

В дальнейшем возможно расширение разработанной система комплексного анализа от агломерационного и включительно сталеплавильного производства.

Выводы

1. Разработана и создана система комплексного анализа аглодоменного производства, которая состоит из четырёх расчетных модулей: состава агломерационной шихты и агломера-

та; технико-экономических показателей агломерационного производства; материального и теплового баланса доменной плавки; изменения себестоимости чугуна. Оптимальные расходы компонентов агломерационной и доменной шихты, а также технологические параметры производства, полученные в результате расчетов, должны соответствовать максимальному суммарному экономическому эффекту аглодоменного производства.

2. Применение разработанной системы для условий аглодоменного производства ОАО «МК «Азовсталь» показало эффективность замены более дешёвой $St_{КЖРК} = 188,85$ грн, но относительно бедной отечественной аглоруды $Fe_{КЖРК} = 62,4$ % импортной с более высоким содержанием железа $Fe_{Бр} = 67,5$ % и стоимостью $St_{Бр} = 464,19$ грн. Согласно расчетам себестоимость чугуна не изменилась, а производительность доменного цеха возросла на 2,5 %.

Список использованных источников:

1. Пути приближения технико-экономических показателей работы доменных печей Украины к уровню европейских стран / *А. А. Томаш, Л. В. Быков, А. А. Шокул и др.* // *Металл и литьё Украины*. - 2002. - № 9-10. - С. 28-31.
2. *Кривенко С. В.* Расчет агломерационной шихты методом линейного программирования / *С. В. Кривенко* // *Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр.* – Мариуполь, 2008. – Вип. №18. – С. 23-26.
3. *Вегман Е.Ф.* Краткий справочник доменщика. / *Е.Ф. Вегман* - М.: *Металлургия*, 1981. – 240 с.

Рецензент: П.С. Харлашин
д-р техн. наук, проф. ПГТУ

Статья поступила 01.11.2009