

УДК 629.1

А.И. Швачка, И.А. Лукьяненко, В.Г. Зайцев, А.Л.Чайка, С.В. Нынь

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ФОРСИРОВАНИЯ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Актуальность и постановка проблемы

Выбор температурно - теплового режима работы доменной печи обеспечивающего заданное производство чугуна с минимальными затратами энергоресурсов с использованием балансовых методов расчета доменной плавки осложняется тем, что ряд исходных данных частично или полностью не определены [3-4]. Это связано с невозможностью контроля (ввиду высоких температур, внешнего агрессивного воздействия, вибраций и др.) или отсутствием надежных методик измерений и средств контроля величин [1]. Среди них выделим следующие параметры:

- расход горячего дутья, подаваемого в доменную печь;
- температура горячего дутья и его расход на отдельных фурмах;
- внешние потери теплоты рабочего пространства печи;
- выход колошникового газа; степень использования оксида углерода, водорода и выход колошникового газа;
- удельный выход шлака и иные факторы.

При расчетах разброс результатов исследования зависит и от возможного диапазона изменения исходных данных, которые практически не контролируются в системе. При неопределенности информации любое принятое решение может оказаться не наилучшим для тех условий, которые сложатся фактически. Поэтому некоторый перерасход и риск будет неизбежен. Единственное, что можно сделать, принимая решения,- это постараться свести такой перерасход к минимуму [2, 5].

Наличие математических зависимостей [1,2,6,7], позволяет сформулировать оптимизационные модели для расчета параметров комбинированного дутья: минимум расхода кокса, максимум производительности, минимум расхода условного топлива. Решение задачи в условиях неопределенности требует некоторых предположений. Исходные предпосылки, на которые основывается рекомендуемый подход [2-8], состоят в следующем.

1. Рассматриваются задачи, в которых имеется одна главная цель (показатель или критерий) оптимизации. Эффект того или иного варианта решения характеризуют затратами или издержками, которые должны быть как можно меньше.

2. Задача допускает достаточно четкую постановку. Имеется в виду формулировка цели, конкретизация обосновываемого решения, количественное описание информации, запись ограничений.

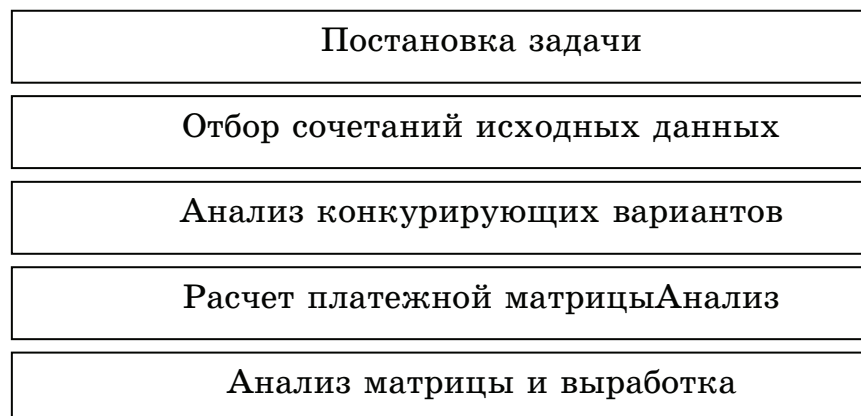
3. Математическое решение задачи в условиях неопределенности в общем случае, не может выявить один оптимальный вариант. Можно найти лишь несколько (множество) рациональных вариантов, которые хороши в том или ином отношении. Окончательный выбор из них делает лицо, принимающее решение.

4. Центральное место в данном подходе занимает расчет платежной матрицы, характеризующей эффект рассматриваемых конкурирующих вариантов решения при различных возможных сочетаниях исходной информации.

5. Для определения рациональных вариантов выполняют анализ платежной матрицы с применением специальных критериев выбора решений в условиях неопределенности.

Решение

Общая схема решения приведена на рис. 1.



Риснок 1 - Схема решения оптимизационной задачи в условиях неопределенности

Сформулируем основные критерии, которые приняты при решении такого рода задач и выполним поиск в соответствии с принятым условием задачи.

Критерий Вальда:

$\max_i Z_i^{\min} = \max_i \min_s Z_{is} \rightarrow x_g$ (в задаче поиска максимума целевой функции).

$\min_i Z_i^{\max} = \min_i \max_s Z_{is} \rightarrow x_g$ (в задаче поиска минимума целевой функции).

По этому критерию предполагается наиболее неблагоприятное стечение обстоятельств. Он гарантирует, что наши затраты не будут больше некоторой величины при любых возможных в будущем условиях.

Критерий Лапласа:

$\max_i Z_i^- = \max_i \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S Z_{is} \rightarrow x_l$ (в задаче поиска максимума целевой функции).

$\min_i Z_i^- = \min_i \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S Z_{is} \rightarrow x_l$ (в задаче поиска минимума целевой функции).

Этот критерий соответствует принципу «недостаточного основания», т.е. предположению, что у нас нет оснований выделять то или иное сочетание информации, поэтому нужно поступать так, как будто они равновероятны.

Критерий Сэвиджа:

$$\min_i R_i^{\max} = \min_i \max_s R_{is} \rightarrow x_c .$$

В соответствии с принятой идеологии выполняем поиск варианта решения с минимальным перерасходом информации из максимальных возможных значений, обусловленных неопределенностью информации.

Критерий Гурвица:

$\max_i [\alpha Z_i^{\min} + (1 - \alpha) Z_i^{\max}] \rightarrow x_c$ (в задаче поиска максимума целевой функции)

$\min_i [\alpha Z_i^{\min} + (1 - \alpha) Z_i^{\max}] \rightarrow x_c$ (в задаче поиска минимума целевой функции).

Это критерий «пессимизма - оптимизма». Он выполняет поиск возможного максимума в линейной комбинации минимальных и максимальных затрат. Необходимо учитывать, что α - показатель пессимизма- оптимизма ($0 < \alpha < 1$). Параметр α должен выбирать сам исследователь, поэтому он не может объективно выяснить наилучший

вариант и снять неопределенность. Можно однозначно говорить, что $\alpha=0$ - вариант крайнего оптимизма, $\alpha=1$ -крайний пессимизм. Принято $\alpha = 0,75$.

Обобщенный критерий:

$\max K_i = \max_i [\alpha_1 Z_i^{\max} + \alpha_2 Z_i^{\min} + \alpha_3 Z_i^- + \alpha_4 R_i^{\max}] \rightarrow x_k$ (поиск максимума целевой функции).

$\min K_i = \min_i [\alpha_1 Z_i^{\max} + \alpha_2 Z_i^{\min} + \alpha_3 Z_i^- + \alpha_4 R_i^{\max}] \rightarrow x_k$ (поиск минимума целевой функции).

В данном варианте используются все характерные оценки. При этом установлено, что где $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$, $0 \leq \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \leq 1$. В зависимости от принятого субъективного значения α возможно получение вариантов решения, благоприятных в свете разных характерных оценок одновременно. Критерий не снимает неопределенности выбора, а, наоборот, увеличивает число рациональных вариантов. В расчета принято: $\alpha_1 = 0,4; \alpha_2 = 0,05; \alpha_3 = 0,5; \alpha_4 = 0,05$.

Состав оптимизируемых параметров (X), которые характеризуют варианты решения и оценочные функции $Z(X, Y)$ полученных по результатам проведенного полнофакторного (построение полиномиальных зависимостей, решение оптимизационной задачи) эксперимента по данным работы ДП №9 ОАО «АМКР» в 2007 году (табл.1). В качества параметра неопределенности (Y) выбран показатель внешних тепловых потерь доменной печи (табл.2).

Таблица 1

Оптимизируемые параметры

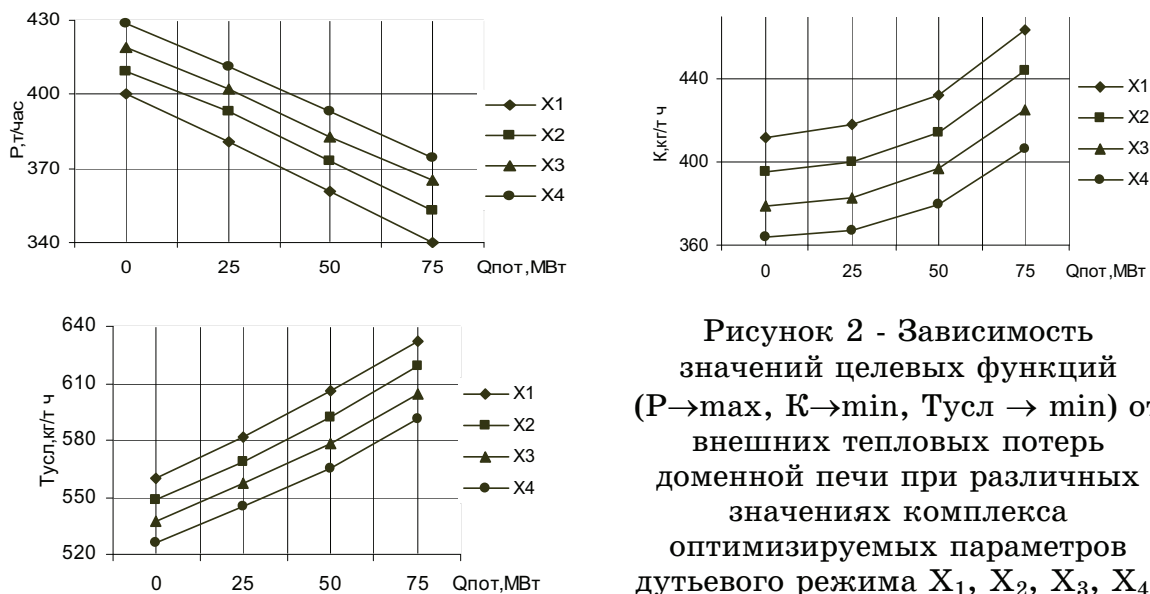
Набор параметров	Варианты решений			
	X1	X2	X3	X4
Тдт, °С	900	1000	1100	1200
O2, %	31	31	31	31
m, д.ед.	0,36	0,36	0,36	0,36

Таблица 2

Исходные данные

Обозначения	Потери, МВт
Y ₁	0
Y ₂	25
Y ₃	50
Y ₄	75

На рис.2 приведены результаты решения оптимизационной задачи в которой параметром неопределенности (Ys) являются внешние тепловых потери рабочего пространства печи (Q_{пот}), а оценочной функцией (Z(X, Y)) - производительность доменной печи (P) и удельные расходы кокса (K) и условного топлива (Т_{усл}).



Результаты оценки по критериям риска возможности использования на практике полученных расчетным путем комплексов оптимальных параметров и состава комбинированного дутья для достижения максимальной производительности, минимального расхода энергоресурсов условиях неопределенности величины тепловых потерь доменной печи приведены в табл. 3.

Таблица 3

Расчет характерных оценок по критериям

Наименование критерия	Числовое значение	Оптимальный вариант
$P \rightarrow \max$, т/час		
Вальда	374	X_4
Лапласа	402	
Сэвиджа	0	
Гурвица	391	
$K \rightarrow \min$, кг/т чугу		
Вальда	406	X_4
Лапласа	379	
Сэвиджа	0	
Гурвица	396	
$T_{\text{усл}} \rightarrow \min$, кг/т чугу		
Вальда	591	X_4
Лапласа	557	
Сэвиджа	0	
Гурвица	572	

Выполненная оценка результатов расчета с использованием критериев риска показала, что при неопределенных внешних потерях теплоты рабочего пространства печи оптимальным является режим вдувания природного газа с максимальной температурой дутья (комплекс X_4). Эффективность доменной плавки существенно повышается при контроле величины тепловых потерь в АСУ ТП.

Выводы

В условиях неопределенности формализованным путем нельзя определить один вариант, наилучший во всех отношениях. Такое положение является закономерным - неопределенность информации (если она велика) приводит в итоге к неопределенности выбора решений. Формально эта неопределенность проявляется в отсутствии достаточно хорошего (одного) критерия оптимальности.

Возможность потерь (риска и ущерба) в условиях неопределенности неизбежна - она является «платой» за неточное знание предстоящих условий. Необходимо ориентироваться на выявление нескольких рациональных вариантов, окончательный выбор из которых делается человеком. Несмотря на «волевой» окончательный выбор, он не будет «произвольным», если будет делаться среди рациональных (хороших) вариантов, что гарантирует от грубых просчетов.

Авторы благодарны д.т.н. А.В. Бородулину за внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Домна в энергетическом измерении/ А.В. Бородулин, А.Д. Горбунов, В.И. Романенко, Г.И. Орел. - Кривой Рог- 2004, 436 с.
2. Системный подход при управлении развитием электроэнергетики/ Беляев Л.С., Войцеховская Г.В., Савельев В.А. и др.- Новосибирск: Наука, 1980. 238 с.
3. Иваненко В.И., Лабковский В.А. Проблема неопределенности в задачах принятия решений. 1990, 136 с.
4. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. Беляев Л.С. Новосибирск, «Наука», 1978. 128 с.
5. Теоретические основы системных исследований в энергетике/ А.З. Гамм, А.А. Макаров, Б.Г. Санеев и др.- Новосибирск: Наука, 1986.
6. Макаров И.М., Мелентьев Л.А. Методы исследования и оптимизации энерготехнического хозяйства. Новосибирск, Наука, 1973. 274 с.
7. Оптимизация планирования металлургических процессов. Ред. Гизатуллин. Х.Н. Труды института мат. и мех. Уральск. Науч. Центра. 1976, №16, 120 с.
8. Жуковский В.И., Молоствов В.С. Многокритериальная оптимизация модели в условиях неполной информации. 1992, 112 с.

Получено 18.03.2008 г.