

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ CPLEX ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ДОМЕННОМ ЦЕХЕ

© Н.В. Шимова, Н.А. Спирин

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург

Планирование и распределение топливных ресурсов в доменном цехе на сегодняшний день является важной задачей. Преобразования в газовой отрасли России предполагает приведение цен на газ внутри страны к мировому уровню, что означает существенное увеличение его цены для металлургических предприятий. Вследствие этого назрела необходимость в более ответственном и экономичном расходовании энергоресурсов доменного производства. Появилась необходимость разработки механизмов, обеспечивающих функционирование доменного цеха, в том числе и такого инструмента, как формализованная методика планирования и распределения топливных ресурсов.

Принимаемые решения должны обеспечивать оптимальное распределение природного газа между доменными печами. Очевидно, что если в работе будет задействовано топливо по более низкой цене, а более дорогое не будет использоваться, то это обеспечит возможность экономии, а также лучшего распределения топлива между работающими доменными печами. Выполнение критерия оптимальности приведет к снижению стоимости продукции, и увеличению экономической эффективности металлургического предприятия.

Кроме того, при постановке задачи оптимального распределения энергоресурсов, для обеспечения необходимого объема выплавки и качества чугуна, необходимо учитывать различные ограничения.

В общем виде математическая модель оптимального распределения природного газа в доменном цехе содержит линейную целевую функцию и ограничения, как в форме «равенство», так и в форме «неравенство».

$$Z = \sum_{i=1}^n \{ \alpha (e_i C_k - C_{\text{ПГ}}) + (1 - \alpha) C_{\text{П}} [\Delta \Pi_i^{\text{ПГ}} - e_i \Delta \Pi_i^K] \} V_i^{\text{ПГ}} \rightarrow \max$$

где Z – эффективность использования природного газа по цеху, руб./ч;

n – количество печей в цехе, шт.;

α – весовой коэффициент, который определяет, что предпочтительнее – выигрыш в деньгах или в производительности, $0 < \alpha \leq 1$;

e^i – эквивалент замены кокса на природный газ, кг кокса/м³ природного газа;

C^K – стоимость кокса, руб./кг кокса;

$C_{\text{П}}$ – условно постоянный коэффициент, который показывает на сколько увеличиваются затраты при увеличении производительности, руб./т чугуна;

$\Delta \Pi_i^{\text{ПГ}}$ – изменение производительности печи при увеличении расхода природного газа на 1 м³, т чугуна/м³ природного газа;

$\Delta \Pi_i^K$ – изменение производительности печи при увеличении расхода кокса на 1 кг, т чугуна/кг кокса;

$V_i^{\text{ПГ}}$ – расход природного газа на печи, м³ природного газа/ч.

Ограничения на параметры состояния доменной печи:

минимально и максимально допустимые значения:

–теоретической температуры горения;

–содержания кремния в чугуне;

- отношения теплоемкостей потоков;
- степени уравнивания шихты;
- содержания серы в чугунае.

Ограничения на параметры состояния доменного цеха:

- расход природного газа по цеху;
- расход кокса по цеху;
- количество печей в цехе;
- производство чугуна в цехе.

Задача в данном случае формулируется в виде задачи линейной оптимизации.

Однако линейная постановка задачи должна быть обоснована анализом погрешности решения и проверена на тестовых задачах реального доменного цеха.

По данной оптимизационной модели разработана структура программного обеспечения «Optima», которое решает задачу оптимального распределения природного газа в доменном цехе. Расчет производится по фактическим исходным данным, отражающим уже прошедший период работы доменных печей. В исходные данные входят все параметры состояния, а также значения ограничений для каждой доменной печи доменного цеха.

Структура программного обеспечения «Optima» включает в себя серверную и клиентскую часть. Исходные данные хранятся в базе данных «OptimaDB» (СУБД – SQL Server 2005). Они собираются со SCADA-систем доменного цеха и из других расчетных модулей АРМ технолога доменного цеха. Клиентский модуль (среда разработки – Visual Studio 2010) извлекает данные из базы данных, отображает их на вкладках главной формы программы. Расчет производится с помощью подключаемой библиотеки (так называемого «решателя») Cplex (версии 121).

Cplex – это инструмент для решения задач линейного программирования. Рассмотрим результаты решения задачи оптимизации с помощью программного обеспечения «Optima». Данные для задачи были взяты из отчетных данных доменного цеха ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». В примере рассматриваются восемь доменных печей.

В таблице представлены значения расхода природного газа по печам в базовом и расчетном периодах. В расчетном периоде для сравнения приведены результаты оптимизации с помощью программы Excel и с помощью решателя Cplex. Решение, полученное в программе Excel, взято за эталон.

Таблица 1

Значения расхода природного газа по печам в базовом и расчетном периодах

№	Обозначение	Расход природного газа	Базовое, т·м³/ч	Excel, т·м³/ч	Cplex, т·м³/ч
1	$V_1^{пр}$	Печь № 1	14	12	12
2	$V_2^{пр}$	Печь № 2	15	11	11
3	$V_3^{пр}$	Печь № 3	12	17	17
4	$V_4^{пр}$	Печь № 4	13	10	10
5	$V_5^{пр}$	Печь № 5	11	10	10
6	$V_6^{пр}$	Печь № 6	11	12	12
7	$V_7^{пр}$	Печь № 7	17	20	20
8	$V_8^{пр}$	Печь № 8	15	17	17
9	$V_{сум}^{пр}$	Цех итого	109	109	109

Из этих таблиц видно, что решатель Cplex дает сопоставимые результаты для данной задачи и может быть рекомендован к использованию.

Результаты тестового расчета показывают, что представленная математическая модель позволяет существенно увеличить эффективность доменного производства за счет

оптимизации состава и распределения ресурсов в доменном цехе, что также ведет к повышению энерго - и ресурсоэффективности производства.

Ожидаемые результаты внедрения программного обеспечения по оптимизации распределения топливно-энергетических ресурсов:

- повышение экономичности выплавки чугуна;
- планирование работы отдельных печей и цеха в целом;
- высокий уровень интеграции системы с существующими производственными и корпоративными системами;
- предоставление инженерно-технологическому персоналу детализированной информации для оценки показателей работы, экономической эффективности работы, технического состояния оборудования отдельных печей и цеха в целом;
- сокращение времени поиска необходимой информации;
- формирование необходимой по запросу пользователя отчетной документации;
- создание условий для последующего совершенствования и развития системы.

Список использованных источников

1. Повышение эффективности работы доменного цеха путем оптимального использования топливно-энергетических ресурсов / Лавров В.В., Спирин Н.А., Бабин И.А., Перминов А.И., Бурыкин А.А. // Сталь. 2008. № 4. С. 10–13.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1975. 534 с.
3. Математические модели оптимального использования ресурсов в доменном производстве / А.В. Бородулин, Х.Н. Гизатуллин, А.Д. Обухов [и др.]. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 148 с.
4. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев, Л.Ю. Гилева, В.Ю. Рыболовлев, И.Е. Косаченко, В.В. Лавров, А.В. Терентьев ; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 301 с.
5. User's Manual for CPLEX/ IBM ILOG CPLEX V12.1. 146 с.

РАЗРАБОТКА SIMULINK-МОДЕЛИ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА

© И.С. Яковенко, Д.Н. Дюнова

*ФГБОУ ВПО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет)», г. Владикавказ*

Возросшие технические возможности обусловили развитие новых идей, принципов и методов управления технологическими процессами. Наличие широкой номенклатуры средств автоматизации, вычислительной техники, методов обработки информации обусловило совершенствование систем управления производственно-технологическими объектами. На сегодняшний день применение в системах управления микропроцессорной и цифровой вычислительной техники представляет основу рациональной организации современного промышленного производства, обеспечивающего достижение наилучших технико-экономических показателей.

Значительное распространение получили цифровые системы управления. Основные преимущества их использования связаны с отсутствием характерного для аналоговых элементов дрейфа параметров, возможностью реализации сложных законов управления, простотой перенастройки и программной реализации алгоритмов управления.

Применяемые в цифровых системах регуляторы обеспечивают более высокое качество регулирования и обладают большей гибкостью по сравнению с аналоговыми, так как их