УДК 669(091).013:504.604.36

**Л.М. СИМОНЯН, А.Н. ПОТАПОЧКИН**
*Московский государственный институт стали и сплавов (технологический университет)*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БАЗА ДАННЫХ «ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА $CO_2$-МОНИТОРИНГА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА»

В последние десятилетия в сферу мировой политики вошла проблема так называемого глобального потепления климата. Рост средней температуры на планете многие ученые связывают с увеличением концентрации $CO_2$, вызванной увеличением промышленного производства, в первую очередь количества сжигаемого топлива. Для оценки и сравнения влияния металлургических технологий на выбросы $CO_2$ предлагается автоматизированная база данных (АБД) «Информационная система $CO_2$-мониторинга металлургического производства». АБД позволяет на основе данных о потреблении углеродсодержащих материалов анализировать потребление углерода и выбросы $CO_2$ на различных предприятиях и делать выводы о степени прогрессивности применяемых металлургических технологий.

The problem of a global warming of a climate has come in an orb of world politics in second half of past century. Many scientists bind increase of concentration $CO_2$ called by increase of a commercial production and first of all by increase of quantity of incinerated coal and fuel. In the given activity for an evaluation and comparison of influence of metallurgical technologies on blowouts $CO_2$ automized database (ADB) «Intelligence system of $CO_2$-monitoring of metallurgical manufacture » is offered. ADB allows to parse on the basis of a consumption data of carbon materials consumption of carbon and blowouts $CO_2$ at the different enterprises and to do breedings about a degree of progressiveness of used metallurgical technologies.

По данным многолетних наблюдений, темпы ежегодного прироста концентрации диоксида углерода в атмосфере составляют 0,5 %. Вместе с тем отмечается рост средней температуры на планете. Поэтому в последние десятилетия в мире большое распространение получила концепция глобального потепления Земли вследствие так называемого парникового эффекта, вызванного ростом концентрации оксидов углерода, метана и других газов в атмосфере.

В России в связи со снижением объема производства выбросы диоксида углерода с 1990 по 2000 г. снизились на 43,6 %; в результате разница между выбросами и обязательствами России по Киотскому протоколу составила 200 млн т углерода (733,3 млн т $CO_2$). Однако по некоторым прогнозам Российская Федерация может превысить лимит эмиссии уже к 2015 г. [3].

Выбросы диоксида углерода напрямую связаны с затратами энергоносителей. За последние 20 лет энергоемкость национального дохода в среднем в мире уменьшилась на 18 %, в развитых странах на 21-27 %, причем 60-65 % экономического роста обеспечивалось повышением энергоэффективности [1]. В России, напротив, энергоемкость ВВП увеличилась в 1990-1998 гг. на 22 %, и только в последние годы наметилась тенденция ее снижения (с 123 до 121,8 кг у.т. на 1 тыс.руб. ВВП в 1998-2001 гг.).

Национальные программы не стимулируют российскую экономику на сокращение количества потребляемых ресурсов, в частности энергоносителей [1]. В России и в настоящее время большинство отраслей промышленности использует неэффективные технологии 80-х гг. XX в., более энерго- и материалоемкие по сравнению с современными мировыми показателями.

При общей антропогенной эмиссии на территории РФ в 1999 г. около 1510 млн т выбросы металлургии составили 166,1 млн т (11 %) [1]. Источниками выбросов $CO_2$ в черной металлургии являются доменное, коксохимическое, агломерационное, сталеплавильное и прокатное, а также вспомогательные (получение извести, ферросплавов и т.п.) производства. В ряде случаев учитываются и выбросы транспорта, перевозящего сырье и готовую продукцию, а также смежных производств (производство электроэнергии, огнеупоров и т.д.).

В настоящее время общепринятой методики оценки выбросов диоксида углерода в черной металлургии не существует. Получившие распространение методики отчетности о расходе энергии имеют ряд недостатков, которые не позволяют использовать их ни для анализа структуры потребления энергетических ресурсов, ни для оценки выбросов $CO_2$ в металлургическом производстве.

Для анализа эффективности энергопотребления в черной металлургии, с целью снижения выбросов оксидов углерода, в работе предлагается информационная система $CO_2$-мониторинга с автоматизированной базой данных (АБД), которая позволяет одновременно обрабатывать большие массивы данных по предприятиям, прослеживать динамику изменения исследуемых показателей во времени, выявлять существующие тенденции. В качестве среды разработки системы мониторинга использована система управления базами данных (СУБД) «Microsoft Access 2000». Применение широко доступной и известной СУБД значительно облегчает и адаптацию системы к новым данным о деятельности предприятий, и дальнейшее ее совершенствование и развитие (например, возможность анализа выбросов других вредных веществ).

С помощью АБД проводится сбор, хранение и обработка информации об источниках эмиссии $CO_2$ на предприятиях черной металлургии, исследование и анализ текущего состояния металлургического производства как потребителя энергетических ресурсов. Основной базовой единицей является потребитель углеродсодержащего материала и источника выброса $CO_2$ – технологический агрегат (коксовая батарея, агломерационная машина, доменная печь, конвертер, мартеновская печь, электропечь и др.). В основу оценки потребления углеродсодержащих материалов и выбросов диоксида углерода положен упрощенный расчет.

Во избежание двойного учета потребления углерода в расчетах используется коэффициент потребления $k_{\text{пот}}$, который показывает, какая доля поступившего в передел углерода расходуется в собственном производстве. Например, для доменного производства

$$k_{\text{пот}} = \frac{C_{\text{прих}} - C_{\text{чуг. ст}} - C_{\text{дом. газ}}}{C_{\text{прих}}},$$

где $C_{\text{прих}}$ – количество углерода, поступившего в доменное производство с шихтовыми материалами и газообразным топливом, кг/т чугуна; $C_{\text{чуг.ст}}$ – количество углерода чугуна, переданного в сталеплавильное производство, кг/т чугуна; $C_{\text{дом.газ}}$ – количество углерода, переданного в качестве топлива другим производствам (агломерационное, ТЭЦ и т.д.), кг/т чугуна.

Кроме того, в расчеты вводится коэффициент перехода углерода в $CO_2$, например, для доменного производства

$$k_{\text{пер}} = \frac{\alpha(1-\beta)C_{\text{газ}}}{C_{\text{прих}}},$$

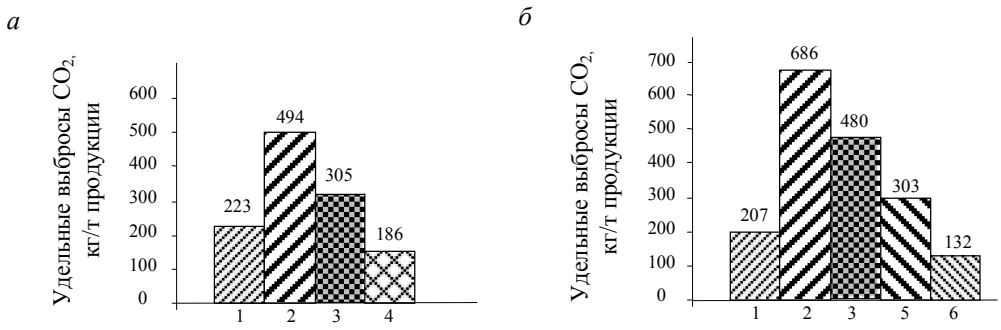
где $\alpha$ – степень дожигания CO до $CO_2$; $\beta$ – доля доменного газа, передаваемого в другие производства; $C_{\text{газ}}$ – количество углерода, перешедшего в газ, кг/т чугуна.

Коэффициенты рассчитываются по данным заводских технологических отчетов, а в случае их отсутствия недостающие параметры принимаются по информации, имеющейся в литературе. Наиболее достоверной считается информация о содержании углерода в твердых металлургических материалах.

Удельный расход углерода на производство продукции в конкретном агрегате

$$C^{\text{агр}}_{\text{уд}, j} = \sum k_{\text{пот}, j} P_{\text{уд}, i} C_i,$$

где $C^{\text{агр}}_{\text{уд}, j}$ – удельное потребление углерода при производстве продукта на $j$-м агрегате, кг/т; $P_{\text{уд}, i}$ – удельный расход $i$-го материала,




Удельные выбросы $CO_2$ на ОАО ЗСМК (*а*) и ОАО «НОСТА» (*б*) в 2002 г.

1 – агломерационное производство; 2 – доменное; 3 – коксохимическое; 4 – конвертерное; 5 – мартеновское; 6 – электросталеплавильное

кг/т; $C_i$ – массовое содержание углерода в *i*-м материале.

Удельные выбросы диоксида углерода

$$\left(CO_2\right)^{агр}_{уд,\,j} = \frac{M_{CO_2}}{M_C}\sum k_{пер,\,j} C^{агр}_{уд,\,j},$$

где $\left(CO_2\right)^{агр}_{уд,\,j}$ – удельные выбросы диоксида углерода при производстве продукции в *j*-м агрегате, кг/т; $M_{CO_2}$ – молекулярная масса диоксида углерода, кг; $M_C$ – молекулярная масса углерода, кг.

Суммарные годовые выбросы $CO_2$ по переделам определяются, исходя из удельных выбросов с учетом годового объема производства продукции, а затем суммируются по всему предприятию. В зависимости от запроса, программа формирует отчеты по искомым показателям в виде таблиц и диаграмм. Основное меню программы, дающее представление о внешнем виде и основных ее возможностях следующее:

- характеристики агрегата;
- используемые материалы;
- показатели производства продукции;
- отчеты;
- потребление С;
- выбросы $CO_2$.

Наибольшие выбросы диоксида углерода наблюдаются в доменном производстве (см. рисунок). Однако оптимизация доменного процесса близка к своему пределу, расход кокса на лучших агрегатах близок к теоретически минимальному расходу топлива [2]. Основные резервы снижения расхода энергоносителя связаны с оптимизацией газодинамического режима процесса. Однако в ОАО «НОСТА», по сравнению с ОАО ЗСМК имеются значительные резервы для снижения эмиссии диоксида углерода в доменном и коксохимическом производстве. Среди сталеплавильных процессов наибольшие удельные выбросы $CO_2$ дает мартеновское производство. Поэтому замена мартеновских печей на конвертеры или электродуговые печи является одним из наиболее перспективных способов снижения затрат энергоносителей и эмиссии диоксида углерода в атмосферу.

## Выводы

1. Разработана автоматизированная база данных «Информационная система $CO_2$-мониторинга металлургического производства», предназначенная для обобщения и анализа больших массивов информации о потреблении углерода и выбросах $CO_2$ на предприятиях черной металлургии.

2. Информационная система $CO_2$-мониторинга опробована на ряде предприятий (ОАО ЗСМК, ОАО «НОСТА», ОАО «Северсталь», ОАО «Мечел» и др.), полученные результаты требуют дальнейшего анализа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад по проблемам изменения климата / Минэкономразвития. М., 2002.

2. Сталь на рубеже столетий / Под ред. Ю.С.Карабасова / МИСиС. М., 2001.

3. Стратегический анализ Киото-Марракешской системы / М.Граб, Т.Бреэр, Б.Мюллер и др.; Королевский институт международных дел. Лондон, 2003.