

4. Подсистема «Ядро системы ведения заказов на доставку». Руководство системного программиста. 643.11150642.19004-05 32 01-М. – СПб.: PETER-SERVICE. 11 с.
5. Урман Скотт. ORACLE DATABASE 10g. Программирование на языке PL/SQL / Скот Урман, Рон Хардман, Майкл МакЛафлин Нильсен. – М.: Oracle Press, 2007. – 816 с.
6. Пауэрс Л. Microsoft Visual Studio 2008 / Л. Пауэрс, М. Снелл. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009, 1200 с.
7. Diadoc API <https://diadoc.kontur.ru/sdk/Index1.Html>.

УДК 669.09

**А. В. Лаптева, В. Г. Лисиенко, Ю. Н. Чесноков**

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКВОЗНОЙ ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВХОДНЫХ ДАННЫХ ПРОЦЕССА ЛП-В**

### **Аннотация**

*Описан метод определения сквозной эмиссии диоксида углерода замкнутого по энергоносителям процесса ЛП-В по количеству сгоревшего углерода, содержащегося в угле и природном газе.*

### **Abstract**

*The method of determining of the pass-through emission of carbon dioxide, closed on energy-carries of LP-process by the quantity of the burnt down carbon containing in the coal and natural gaz, is described.*

Актуальность темы определяется основами стратегии устойчивого развития человечества, которая разработана в связи с предельной нагрузкой на природу от человеческой деятельности. Поставлена под угрозу жизнедеятельность человечества, особенно будущих поколений. В этой связи проблемы экологии приобрели особую актуальность. К экологическим проблемам присоединилась проблема эмиссии парниковых газов. С парниковыми газами связано понятие углеродного следа – количество образованных углеродсодержащих парниковых газов при производстве того или иного изделия во всей цепочке технологических процессов. В процессах черной металлургии в основном преобладают два парниковых газа: метан  $\text{CH}_4$  и диоксид углерода  $\text{CO}_2$ . Метан сопутствует добыче сырья для металлургических предприятий, выделяясь из горных пород. Объемы выделившегося при добыче метана не зависят от последующих технологических процессов черной металлургии. Полученный в технологических процессах метан входит в состав вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и окисляется до диоксида углерода и воды при использовании этих ресурсов. В этой связи образование метана в некотором процессе черной металлургии можно не учитывать при усло-

вии, что ВЭР, полученные в этом процессе, используются в нем же, например, для получения электроэнергии. Диоксид углерода образуется во всех технологических процессах черной металлургии при сжигании различных видов органического топлива, выгорании углерода из полуфабрикатов, разложении составляющих флюсов. Эмиссия названа сквозной по той причине, что она является суммой эмиссий  $\text{CO}_2$ , которые последовательно возникают во всех процессах технологической цепи, начиная с добычи сырья и кончая тем продуктом, для которого эта эмиссия определяется (по аналогии с углеродным следом). Термины «интегральная» или «итоговая» обозначают эмиссию диоксида углерода, полученную в процессе при полной реализации ВЭР процесса в нем же.

В работе [1] рассмотрена методика определения сквозной эмиссии диоксида углерода процесса ЛП-В, основанная на анализе составов восстановительного газа, выходящего из газификатора, и экспортного газа на выходе шахтной печи. Эти составы были получены расчетным путем [2], по этой причине могут быть источником ошибок. Анализировался процесс ЛП-В, содержащий две электродуговых печи.

В анализируемом здесь способе ЛП-В используются четыре агрегата (рис. 1): ПЖВ – печь жидкофазного восстановления, ШП – шахтная печь, ЭДП – электродуговая печь, деваданатор.

Для расчета эмиссии диоксида углерода в этом процессе принято, как и в работе [1], что весь экспортный газ идет на выработку электроэнергии для этого же процесса. Кроме того, значения расходных материалов выбраны так, чтобы не было лишних металлизированных окатышей, а на выходе ЭДП получалась 1 т стали (рис. 1). Все четыре агрегата процесса ЛП-В можно представить одной системой, на вход которой поступают ресурсы: уголь, руда, окисленные окатыши, природный газ, раскислители, вода для охлаждения, а на выходе – одна тонна стали (рис. 2). Так как процесс замкнут через электростанцию, то весь углерод твердого и газообразного топлив окислится до диоксида углерода. Тогда эмиссия процесса системы ЛП-В диоксида углерода составит  $(455 \cdot 0,719 + 18 \cdot 0,729 \cdot 0,734) \cdot 3,667 = 1234,96$  кг на тонну стали, так как весь уголь сгорает до диоксида углерода.

Предлагаемый метод аналогичен методу определения эмиссии диоксида углерода металлургическим предприятием в целом. Для вычисления этой эмиссии масса углерода израсходованного твердого топлива (кокса, угля) суммируется с массой углерода израсходованного газообразного топлива (при необходимости и жидкого топлива) и сумма умножается на коэффициент 3,667. Следует заметить, что эмиссия диоксида углерода предприятия, найденная таким образом, соответствует собственной интегральной (итоговой) эмиссии всех процессов предприятия, но не является сквозной эмиссией – углеродным следом, так как при этом не учитываются эмиссии диоксида углерода, образованные в предыдущих технологических цепях (добыча сырья, выработка электроэнергии сторонними организациями и т. п.).

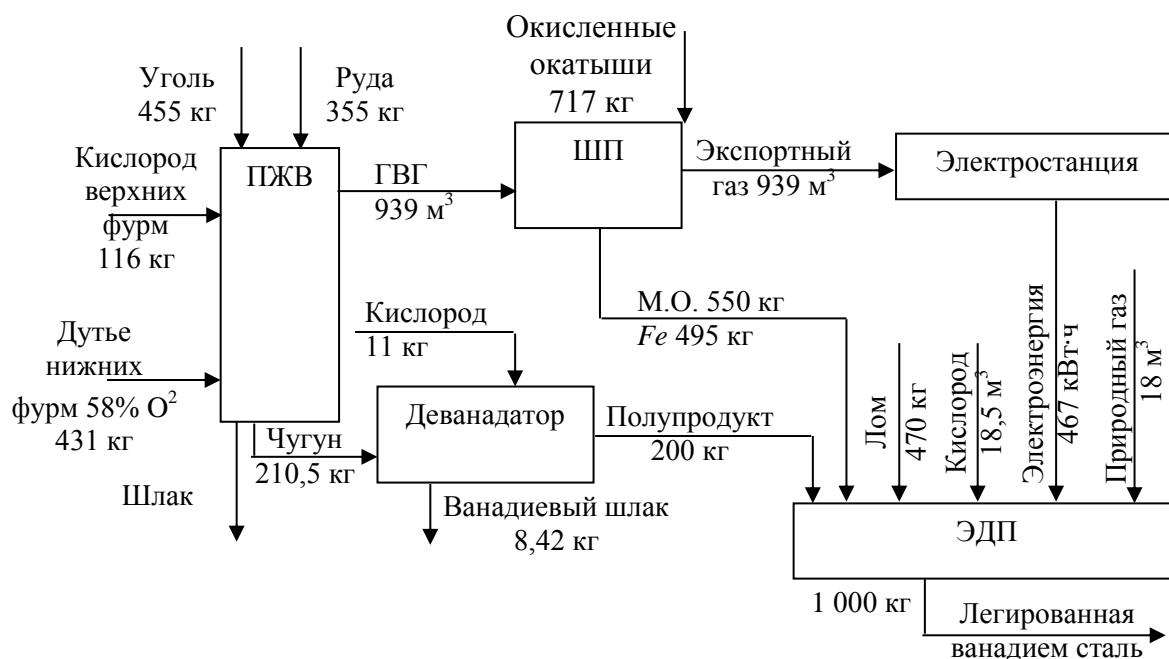


Рис. 1. Структурная схема полного цикла ЛП–В

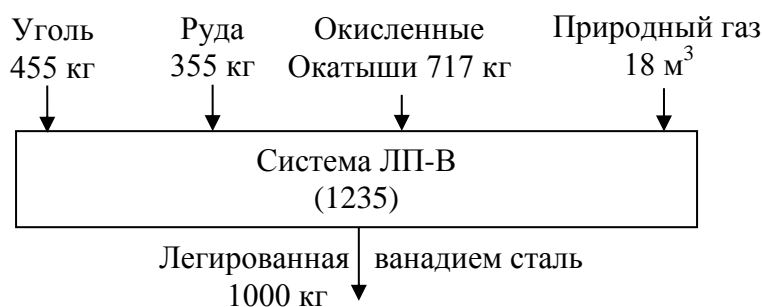


Рис. 2. Основные входы и выходы системы ЛП–В

Для определения сквозной эмиссии диоксида углерода процесса ЛП–В следует построить граф эмиссий (рис. 3). В его вершинах показаны в скобках собственная эмиссия процесса, а через косую черту – сквозная [3]. Если косая черта отсутствует, то вершина содержит данные о сквозной эмиссии диоксида углерода.

Сквозная эмиссия в вершине соответствующей системы ЛП–В определяется суммой эмиссии собственно системы и произведений сквозных эмиссий инцидентных ей вершин на веса дуг, идущих из них, например  $1235 + 20 \cdot 0,47 + \dots + 0,234 \cdot 18 = 1567$ . Веса дуг показывают расходы соответствующих компонентов.

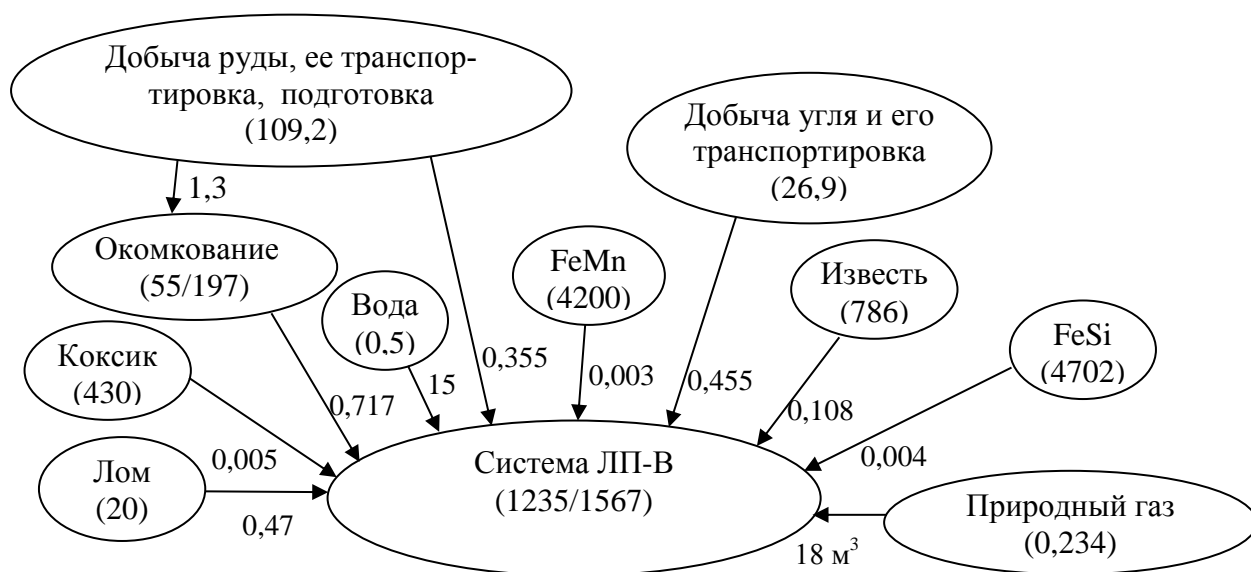


Рис. 3. Граф эмиссий диоксида углерода в системе ЛП–В

### Выводы

Предложена методика определения эмиссии диоксида углерода замкнутого по энергоносителям процесса ЛП–В, основанная на определении суммарного количества углерода, окисленного в процессе.

### Список использованных источников

1. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А. В. Сравнительная интегральная эмиссия диоксида углерода в полном цикле процесса прямого легирования стали ванадием (ЛП-В) // Теория и практика тепловых процессов в металлургии. Сб. докладов международной научно-практической конференции. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – С. 154–157.
2. Лисиенко В. Г., Соловьева Н. В., Трофимова О. Г. Альтернативная металлургия: проблема легирования, модельные оценки эффективности / под ред. В.Г. Лисиенко. – М.: Тепло-техник, 2007. – 440 с.
3. Чесноков Ю. Н., Лисиенко В. Г., Лаптева А. В. Граф эмиссии диоксида углерода металлургическими предприятиями // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова. Серия: Инженерная экология. Вып. VI, 2011. С. 40–44.