

УДК 504.05:669.1

В. Г. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,
В. Д. МАНТУЛА, директор НИИ, **Г. Н. ГРЕЦКАЯ**, канд. экон. наук, начальник отдела,
Т. А. АНДРЕЕВА, канд. экон. наук, старший научный сотрудник
УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков
А. В. ЗРАЙЧЕНКО-ПОЛОЗЕНЦЕВ, аспирант
НТУ «ХПИ», г. Харьков

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рассмотрено влияние основных параметров производства продукции на величину эмиссии двуокиси углерода – основного парникового газа, образующегося в ходе технологического процесса на металлургических предприятиях. Разработана методика определения зависимости эмиссии двуокиси углерода от изменения объема производства товарной продукции.

двуокись углерода, величина эмиссии, параметры производства

Металлургические предприятия являются одними из наиболее значительных источников парниковых газов в общественном производстве. Предприятие с полным металлургическим циклом (чугун – сталь – прокат) ежегодно выбрасывает в атмосферу около 2,0–2,5 млн тонн двуокиси углерода на каждый миллион тонн производимого проката. Двуокись углерода (CO_2) составляет более 99 % всего количества парниковых газов, образующихся на металлургических предприятиях.

В соответствии с Киотским протоколом [1] страны-участники Рамочной конвенции ООН об изменении климата взяли на себя обязательства не превышать уровень выбросов парниковых газов 1990 г. на период до 2012 г. Если учитывать динамичность производства ГМК, то прогнозирование эмиссии двуокиси углерода невозможно без изучения основных закономерностей ее образования при различных технологических параметрах металлургического производства. Такие исследования проведены в 2006 г. на металлургических комбинатах ОАО «Запорожсталь» и ОАО «Алчевский металлургический комбинат».

На металлургических предприятиях диоксид углерода образуется в результате:

- разложения известняка при производстве извести, агломерата, выплавке чугуна и мартеновской стали (около 7 % всего количества CO_2 , образующегося на комбинате);
- окисления углерода органического топлива при его непосредственном сгорании (~87 % всего количества CO_2);

- при выгорании углерода кокса, растворенного в чугуне, при выплавке мартеновской или конвертерной стали, что, в зависимости от доли чугуна в шихте, составляет 4,3–6,4 % общей эмиссии CO_2 .

Существенное влияние на образование двуокиси углерода оказывает вид сжигаемого в производственных процессах топлива. В настоящее время основными видами топлива, используемого на металлургических предприятиях и образующих CO_2 , являются природный и коксовый газ, кокс, а также коксовая мелочь и уголь в агломерационном производстве. Эти виды топлива различаются между собой горючими составляющими (водород, метан, окись углерода и т. п. в различном сочетании), что и обуславливает образование различного количества двуокиси углерода при сжигании единицы топлива. Наименьший коэффициент эмиссии CO_2 имеет коксовый газ, основной горючей составляющей которого является водород (более 55 % объемного состава). При полном сгорании этого газа образуется 0,7161 кг CO_2 в пересчете на 1 м³ или, что удобнее для анализа – 1,25 кг в пересчете на килограмм условного топлива. При сгорании природного газа образуется 1,75–1,76 кг/кг у. т. диоксида углерода, 2,57 кг/кг у. т. коксовой мелочи, 3,21 кг/кг у. т. угля АШ. Сложнее обстоит дело с оценкой коэффициента эмиссии для скипового кокса, то есть кокса, загружаемого в доменную печь. Дело в том, что часть углерода кокса растворяется в восстанавливаемом железе, затем окисляется до CO_2 в сталеплавильном процессе. Кроме того, в доменной печи происходят сложные физико-химические процессы окисления углерода, в которых принимают участие



вдуваемый в печь природный газ, двуокись углерода разлагающегося известняка, частичное окисление углерода скипового кокса. В результате этих процессов из доменной печи выделяется доменный газ, который содержит окись углерода, двуокись углерода, водород и азот.

В связи с вышеизложенным, оценку образования диоксида углерода при окислении кокса целесообразно давать, исходя из количества и химического состава образующегося доменного газа с учетом его полного сгорания. В среднем для доменного газа коэффициент эмиссии составляет от 6,7 до 7 кг CO_2 в пересчете на 1 кг у. т. Следует также учитывать, что часть доменного газа выделяется в атмосферу без его сжигания в металлургических и тепло-технических агрегатах или, в крайнем случае, на так называемой «свече». В этом случае с каждого кубического метра доменного газа в атмосферу уходит 0,4–0,45 кг CO_2 .

Из вышеизложенного следует, что различия в соотношениях разных видов топлива, используемого в металлургических процессах, существенно влияют на величину эмиссии двуокиси углерода в целом по предприятию.

Для каждого металлургического производства характерен собственный коэффициент эмиссии, который отражает выход двуокиси углерода в пересчете на единицу произведенной продукции. Величина коэффициента эмиссии зависит от удельного расхода топлива, известняка (извести), углеродосодержащих добавок и состава технологического топлива. Расход извести следует учитывать потому, что в ее составе имеется 5–10 % известняка, неразложившегося в известково-обжиговом цехе.

В табл. 1 приведены коэффициенты эмиссии диоксида углерода для производства основных видов продукции в условиях двух металлургических комбинатов: «Запорожсталь» и Алчевского (АМК).

Таблица 1. Прямые (e_n) и сквозные (e_c) коэффициенты эмиссии двуокиси углерода (т/т) основных видов полуфабрикатов и товарной продукции

Продукция	«Запорожсталь»		АМК	
	e_n	e_c	e_n	e_c
Известь	0,807	0,808	0,850	0,851
Агломерат	0,180	0,201	0,190	0,221
Чугун	0,704	1,540	0,595	1,624
Сталь мартеновская (слитки)	0,276	1,380	0,205	1,398
Слябы катаные	0,135	1,801	0,225	2,004
Лист горячекатаный	0,058	1,947	0,393	2,836
Лист холоднокатаный	0,041	2,170	–	–
Литье чугунное (изложницы)	0,154	1,936	0,585	2,363
Сортовой прокат	–	–	0,136	1,993
Жесть луженая*	0,069	2,947	0,393	2,519
Теплоэнергия ТЭЦ, кг/Гкал	0,953		1,305	

* для АМК – катаные шары

На каждом предприятии с полным металлургическим циклом производства наибольшее количество CO_2 (28–35 %) как правило образуется в процессе выработки теплоэнергии на ТЭЦ. Сжигание топлива в котлах ТЭЦ сопровождается выделением 0,95–1,3 т CO_2 на одну Гкал. При этом наблюдается четкая тенденция в росте коэффициента эмиссии диоксида углерода: подорожание природного газа вынуждает предприятия сокращать удельные затраты топлива во всех процессах и в особенности природного газа, а следовательно, растет доля доменного газа в составе газообразного топлива (разумеется, в технологически допустимых пределах). Поэтому доля доменного газа, расходуемого в ТЭЦ, в последнее время увеличивается и часто достигает уже 95–97 % всего газообразного топлива.

Наиболее высокий коэффициент эмиссии двуокиси углерода (e_n) имеет производство извести (0,807–0,850 т/т). Из этого количества CO_2 (60–70 %) образуется за счет разложения известняка и около 30–40 % – за счет окисления углерода топлива.

Выплавка одной тонны чугуна сопровождается выделением 0,6–0,7 т CO_2 , причем 65–80 % его количества образуется в результате сжигания доменного газа в кауперах. Доменное производство дает 25–30 % всей эмиссии CO_2 по комбинату.

Коэффициент эмиссии двуокиси углерода при производстве агломерата составляет 0,18–0,19 т/т, из которых 52–55 кг образуется в результате разложения известняка и извести.

При выплавке мартеновской стали коэффициент эмиссии диоксида углерода составляет около 0,20–0,28 т/т. За счет выгорания углерода чугуна образуется 117–120 кг/т CO_2 , за счет разложения известняка и извести – от 2 кг/т (АМК) до 21 кг/т («Запорожсталь»), а за счет сгорания природного газа в мартеновских печах и при сушке сталеразливочных ковшей – около 80 кг/т (АМК) и 136 кг/т («Запорожсталь»). В значительной мере на коэффициент эмиссии CO_2 в мартеновском производстве оказывают влияние два фактора: соотношение объемов выплавки стали в однованных и двухванных (ДСПА) печах и удельный расход чугуна на выплавку стали. Выплавка стали в однованных печах требует большего удельного расхода природного газа по сравнению с ее выплавкой в ДСПА, потому что в ДСПА существенно больше окисляется железа и за счет выделяющейся теплоты происходит более интенсивный нагрев металла. Увеличение расхода чугуна в шихте ведет к увеличению количества окисляемого углерода и образующегося CO_2 .

В обжимных цехах двуокись углерода – результат окисления органического топлива, удельный расход которого в значительной мере зависит от доли горяче-

го всада слитков в нагревательные колодцы. Для обжимных цехов коэффициент эмиссии CO_2 составляет 0,135–0,225 т/т.

В листо- и сортопрокатных цехах коэффициент эмиссии меняется в широких пределах в зависимости от сортамента проката, наличия термообработки металла, доли горячего всада заготовок в нагревательные печи.

Оценка прогноза эмиссии диоксида углерода на каждом металлургическом предприятии основывается на прогнозе количества товарной продукции как конечном результате производственного процесса. Основным видом товарной продукции металлургических предприятий является прокат, в значительно меньшей степени – продукция четвертого передела (изделия из проката – гнутые профили проката, катаные шары, жель и т. п.), чушковый чугун, литая заготовка, известь, агломерат и тепло.

Производство основных видов продукции металлургических предприятий (извести, агломерата, чугуна, стали, литья для внутреннего потребления) строго детерминировано количеством товарной продукции и расходным коэффициентом полуфабрикатов на ее изготовление. Зная расходные коэффициенты полуфабрикатов и коэффициенты эмиссии CO_2 при их производстве (e_n , т/т), можно рассчитать сквозные коэффициенты эмиссии CO_2 (e_c , т/т), которые будут определять эмиссию двуокиси углерода при производстве каждого вида товарной продукции с учетом всех этапов производственного процесса. Определенную сложность представляет сквозной учет эмиссии CO_2 , образующейся в ТЭЦ. Дело в том, что вырабатываемый в ТЭЦ пар не используется напрямую в цехах основного производства. Большая часть этого пара расходуется на выработку дутья, часть – на выработку электроэнергии, которая вместе с покупной электроэнергией распределяется по всем цехам предприятия. Оставшаяся часть пара ТЭЦ смешивается с паром ВЭР и также распределяется между цехами. Поэтому расход пара ТЭЦ на производство основной продукции следует рассчитывать с помощью компьютера по специальной программе.

Расчетные значения коэффициентов сквозной эмиссии представлены в табл. 1. Чем большее количество полуфабрикатов необходимо на изготовление товарной продукции и чем больше расходный коэффициент этих полуфабрикатов на каждом этапе производственного процесса, тем больше будет коэффициент сквозной эмиссии. Например, для производства 1 т толстого горячекатаного листа на АМК расходуется 1,215 т слябов, а для производства 1 т сортового проката – 1,036 т блюмсов. Более высокое значение эмиссии CO_2 в листо-прокатных цехах (0,393 т/т) по сравнению с сортопрокатными (0,136 т/т) в сочетании с более высоким расходным коэффициентом заготовок предопределяет то, что изго-

товление тонны листа будет сопровождаться образованием на комбинате 2,836 т CO_2 , а тонны сорта – образованием 1,993 т CO_2 .

Используя сквозные коэффициенты эмиссии, можно с большей достоверностью прогнозировать эмиссию двуокиси углерода при изменении производства товарной продукции. Например, в 2004 г. на АМК было произведено 2915,4 тыс. т товарного проката (в том числе 1380,5 тыс. т листового, 1380 тыс. т сортового, 154,9 тыс. т слябов), 69,0 тыс. т товарного чугуна и незначительное количество другой продукции, главным образом – теплоэнергии. Производство листового проката обусловило эмиссию $1380,5 \times 2,836 = 3915,1$ тыс. т CO_2 , сортового – $1380 \times 1,993 = 2750,3$ тыс. т CO_2 , слябов – $154,9 \times 2,004 = 310,4$ тыс. т CO_2 , чугуна – $69 \times 1,624 = 112,1$ тыс. т CO_2 . Остальные 6,3 тыс. т – следствие производства прочей товарной продукции.

Увеличение производства товарных: проката листового – до 2000 тыс. т, сортового – до 1600 тыс. т, слябов – до 250 тыс. т и чугуна – до 100 тыс. т при том же объеме прочей товарной продукции обусловит рост эмиссии до: $2000 \times 2,836 + 1600 \times 1,993 + 250 \times 2,004 + 100 \times 1,624 + 6,3 = 9530,5$ тыс. т.

Такой метод прогнозирования является достоверным при условии сохранения технологии всего производственного цикла. В случае коренных изменений (замена мартеновского способа выплавки стали на конвертерный, внедрение непрерывной разливки стали и т. п.) требуется пересчет коэффициентов сквозной эмиссии, что позволит установить новые зависимости эмиссии двуокиси углерода от производства товарной продукции.

ВЫВОДЫ

Рассмотрено влияние основных параметров производства продукции на величину эмиссии двуокиси углерода – основного парникового газа, образующейся в ходе технологического процесса на металлургических предприятиях. Показано, что объем эмиссии CO_2 определяется количеством произведенной товарной продукции, расходом полуфабрикатов собственного производства на изготовление товарной продукции или других полуфабрикатов, удельным расходом технологического топлива и его видом. Основное количество CO_2 на металлургическом предприятии образуется в ТЭЦ при выработке пара (28–35 % всей эмиссии) и в доменных цехах (25–30 %).

Разработана методика определения зависимости эмиссии двуокиси углерода от изменения объема производства товарной продукции.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мантула В. Д., Бугасенко М. М., Спіріна С. В. Особливості інвентаризації парникових газів в гірничо-металургійному комплексі України // Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции

Розглянуто вплив основних параметрів виробництва продукції на величину емісії двоокису вуглецю – основного парникового газу, який утворюється під час технологічного процесу на металургійних підприємствах. Розроблена методика визначення залежності емісії двоокису вуглецю від зміни обсягу виробництва товарної продукції.

«Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов» в 2-х т. Т. 2. /УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков: Райдер, 2006. – С. 29–33.

Поступила в редакцию 11.01.07

Influence of key production parameters on carbon dioxide emission value – the basic greenhouse gas formed during technological process at metallurgical enterprises is considered. The technique for determining the dependence of carbon dioxide emission from changes of output was developed.