



УДК 669.162:662.6/8.004.18

Р.А. ПЕРЕТЯТКО, младший научный сотрудник, **А.Л. СКОРОМНЫЙ**, заведующий лабораторией, **А.Л. КАНЕВСКИЙ**, к.т.н., ведущий научный сотрудник, **А.А. СЛИСАРЕНКО**, научный сотрудник
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЧУГУНА

Рассмотрены расходы топливно-энергетических ресурсов на металлургическом предприятии, энергоёмкость чугуна при различных подходах к ее определению, в том числе с учетом расхода топливно-энергетических ресурсов на производные энергоносители.

энергоёмкость, доменное производство, топливно-энергетические ресурсы, производные энергоносители

Экономия энергоресурсов – важная задача, имеющая большое значение для всего горно-металлургического комплекса (ГМК) Украины, особенно актуальна

для основных потребителей топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – металлургических предприятий, на долю которых приходится около 75 % от общего расхо-

да ТЭР в отрасли [1]. Наиболее энергоемкий процесс в черной металлургии – доменное производство (рис. 1). На выплавку чугуна расходуется значительное количество природного газа, а также практически весь кокс.

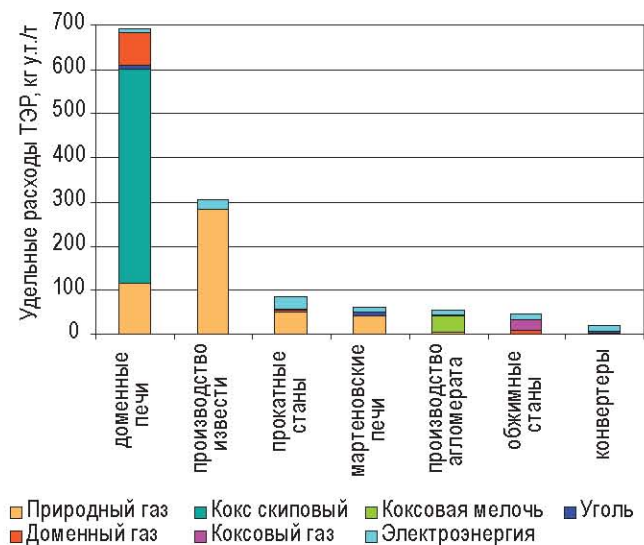


Рисунок 1 – Удельный расход ТЭР по основным переделам ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Оценить существующий технический уровень производства и потенциал экономии энергоресурсов в Украине можно путем сравнения показателей энергоемкости продукции с мировыми аналогами.

Существует мнение, что энергоемкость продукции металлургических предприятий Украины в 1,5 раза выше энергоемкости металлургической продукции стран Европы и мира [2]. Удельные расходы условного топлива в доменном производстве Украины, по имеющимся сведениям [3], составляют 641 кг у.т./т чугуна (496 кг кокса, 81,6 м³ природного газа, 26,5 кг угля на 1 т чугуна), а в странах Европы и Китае – около 450 кг у.т./т чугуна (273–311 кг кокса и 170–230 кг пылеугольного топлива (ПУТ) на 1 т чугуна). В «Отраслевой программе энерго-

эффективности и энергосбережения до 2017 года» [4] приведены данные по удельным расходам энергоресурсов на производство чугуна (табл. 1), в соответствии с которыми энергоемкость чугуна в Украине выше мировых показателей на 33 %.

Таблица 1 – Удельные расходы энергоресурсов на производство чугуна

Показатели	ЕС	Китай	Украина
Расход энергоресурсов, кг у.т./т	483,4	477,4	637,8
Расход кокса, кг/т	383	398	503,8
Расход природного газа, м³/т	–	–	82,2
Расход кислорода, м³/т	62,3	63,9	81,5

Потребление топливно-энергетических ресурсов металлургическими предприятиями Украины, а следовательно, и энергоемкость отечественной продукции выше, чем в развитых странах мира по целому ряду причин: высокая изношенность технологического и энергетического оборудования, применение устаревших технологий, низкий уровень использования вторичных энергоресурсов, большие потери энергоносителей. Однако завышенные показатели, приведенные в работах [2, 3], не вполне соответствуют действительности, поскольку возникли в результате применения разных способов учета расхода энергоресурсов.

На примере металлургического комбината ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (ОАО «АМКР») рассмотрим удельные расходы ТЭР в доменном производстве, являющемся, как было отмечено выше, наиболее энергоемким процессом в черной металлургии.

Расходы топлива и электроэнергии, которые используются для производства чугуна на ОАО «АМКР», рассчитанные по форме внутриотраслевой отчетности № 11-сн, приведены в табл. 2. В статотчетности учитывается только котельно-печное топливо, используемое для производства продукции.

Таблица 2 – Удельные расходы энергоресурсов на производство чугуна

Показатели	Натуральные единицы (н.е.)	Удельный расход, кг/т чугуна, м³/т чугуна	Калорийный коэффициент, кг у.т./н.е.	Удельный расход, кг у.т./т чугуна
Производство чугуна, тыс. т	5908,111	–	–	–
Расход котельно-печного топлива на производство чугуна:	–	–	–	608,92
в т.ч.: кокс скип., т	2887423	488,72	0,99	483,83
природный газ, тыс. м³	596106	100,90	1,143	115,31
уголь, т	64543	10,92	0,895	9,78
Расход доменного газа на обогрев кауперов, тыс. м³	2952461	499,73	0,143	75,01
Расход электроэнергии, тыс. кВт.час	132037	22,35	0,34	7,60
ВСЕГО				691,53



Удельный расход кокса на данном комбинате составляет 488,72 кг/т чугуна, что меньше среднеотраслевого потребления по Украине, но превышает показатели других стран (табл. 1). Расход природного газа, равный 100,9 тыс. м³/т чугуна, – выше среднего показателя по Украине.

Если энергоёмкость чугуна определять как сумму котельно-печного топлива, используемого на его производство, то удельный расход составит 608,92 кг у.т./т чугуна; с учетом доменного газа, который идет на подогрев дутья в кауперах – 683,93 кг у.т./т чугуна; а с электроэнергией, используемой в доменном цехе, – 691,53 кг у.т./т чугуна.

Но доменный газ является продуктом неполного сгорания кокса – вторичным энергоресурсом, который используется и в доменном производстве (обогрев кауперов), и для выработки практически всех производных энергоносителей. Его учет в условном топливе вместе с коксом приводит к двойному счету, что существенно завышает расчетное значение энергоёмкости продукции.

Исключить подобную ошибку можно двумя способами: скорректировать коэффициент калорийного эквивалента кокса с учетом выделившегося доменного газа (1) или при расчете расхода условного топлива на производство чугуна вычесть выход доменного газа.

$$\mathcal{E}k'_{\text{кокс}} = \mathcal{E}k_{\text{кокс}} - \frac{V_{\text{дг}}}{V_{\text{кокс}}} \cdot \mathcal{E}k_{\text{дг}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}k'_{\text{кокс}}$ – скорректированный коэффициент калорийного эквивалента кокса, кг у.т./т кокса;

$V_{\text{дг}}$ – объем выделившегося доменного газа, тыс. м³;

$V_{\text{кокс}}$ – расход кокса, т;

$\mathcal{E}k_{\text{кокс}}$, $\mathcal{E}k_{\text{дг}}$ – соответственно коэффициенты калорийного эквивалента кокса (0,99) при полном его сгорании и доменного газа (0,143), кг у.т./н.е.

При работе доменных печей за год израсходовано 2 887 423 т скипового кокса и образовалось 8 987 165 тыс. м³ доменного газа. Калорийный коэффициент кокса при этом составил 0,55, а удельный расход условного топлива – 266,3 кг у.т./т чугуна.

Однако, кроме топлива, которое непосредственно применяется для производства чугуна, в процессе доменной плавки используются также и производные энергоносители (сжатый воздух, кислород, химочищенная вода, электрическая и тепловая энергии и т.д.), на выработку которых также расходуются энергоресурсы. Но при расчете энергоёмкости с использованием данных статотчетности расход ТЭР на производные энергоносители не учитывается.

В Российской Федерации с 1 января 2002 г. введен ГОСТ Р 51750-2001 «Энергосбережение. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и

оказании услуг в технологических энергетических системах» [5], в соответствии с которым при определении технологической энергоёмкости чугуна учитывается «снижение полной энергоёмкости за счет использования доменного газа», а также расход ТЭР во вспомогательном производстве. В Украине ДСТУ 3682-98 «Энергосбережение. Методика определения полной энергоёмкости продукции работ и услуг» [6] был утвержден еще в 1998 г., однако применение этого стандарта для практического определения энергоёмкости металлургической продукции весьма затруднительно, так как методика предполагает использование труднодоступных данных (энергозатраты на транспортирование исходных материалов и др.).

Для того, чтобы учесть все ТЭР в производстве чугуна, были использованы данные удельных расходов ТЭР на производные энергоносители, полученные с помощью программы расчета сквозной энергоёмкости, разработанной УкрГНТЦ «Энергосталь» [7]. Результаты расчета удельных расходов ТЭР на производство чугуна на ОАО «АМКР» приведены в табл. 3.

Полный перечень энергоносителей, которые использовались в доменном производстве ОАО «АМКР», приведен в табл. 3. В колонках 3, 4 приведены удельные расходы условного топлива и электроэнергии на производство энергоносителей; в колонках 5, 6 – удельные расходы, приведенные к 1 т конечной продукции – чугуна. Из табл. 3 видно, что расход ТЭР (с учетом электроэнергии) на производные энергоносители – 223,4 кг у.т./т чугуна, что составляет более 35 % от общей удельной энергоёмкости чугуна.

Сопоставление данных по удельному расходу энергоресурсов, рассчитанных с использованием статотчетности и методики сквозной энергоёмкости (табл. 2, 3), позволяет сделать следующие выводы:

1. Суммарный удельный расход ТЭР на производство чугуна – 622,39 кг у.т./т чугуна, что на 69,14 кг у.т./т (почти на 10 %) меньше аналогичного показателя, рассчитанного в соответствии с общепринятыми подходами статотчетности.

2. Если рассматривать только котельно-печное топливо, используемое в доменной печи и на кауперах, то удельный расход ТЭР, рассчитанный по данным статистической отчетности, составляет 683,93 кг у.т./т чугуна, а скорректированный с учетом выхода доменного газа – 466,45 кг у.т./т. Таким образом, прямой расход ТЭР в первом случае на 217,48 кг у.т./т (на 47 %) превышает действительные значения энергоёмкости чугуна. Без учета доменного газа на подогрев кауперов это превышение составляет 56 %.

3. Расход кислорода – 102,35 м³/т чугуна – почти на 40 % превышает мировые показатели (табл. 1) и на 20 % выше среднего расхода по Украине.

Таблица 3 – Расход энергоносителей на производство чугуна на ОАО «АМКР»

Энергоносители	Расход, н.е.	Удельный расход ТЭР на производные энергоносители		Удельный расход ТЭР на производство чугуна	
		топливо, кг у.т./н.е.	электроэнергия, кВт·час/н.е.	топливо, кг у.т./т чугуна	электроэнергия, кг у.т./т чугуна
Кокс скиповый, т	2 887 423			483,83	
Природный газ, тыс. м ³	596 106			115,31	
Уголь, т	64 543			9,78	
Доменный газ (выход), тыс. м ³	- 8 987 165			- 217,53	
Электроэнергия, тыс. кВт·час	132 037				7,60
Всего (прямой расход)				391,39	7,60
Производные энергоносители					
Доменный газ, тыс. м ³	2 952 461	150,10	2,74	75,01	0,47
Дутье, тыс. м ³	16 456 143	29,29	1,26	82,12	1,20
Транспорт газа, тыс. м ³	596 106	2,13	1,16	0,21	0,04
Вода техн., тыс. м ³	194 135	0,04	216,74	0,00	2,42
Вода питьевая, тыс. м ³	5 339	0,09	274,00	0,00	0,08
Перекачка воды, тыс. м ³	199 474	32,04	337,67	1,08	3,88
Теплофикация, Гкал	32 066	226,31	5,77	1,23	0,01
Пар ПСЦ, Гкал	238 860	167,91	7,67	6,79	0,11
ХОВ ПСЦ, Гкал	366,83	5 092,58	2 755,00	0,32	0,06
O ₂ технич., тыс. м ³	604 689	86,26	1 003,24	8,83	34,91
Сжат. воздух, тыс. м ³	443 468	8,17	102,44	0,61	2,61
O ₂ автоген, тыс. м ³	0,68	3 021,88	4 210,40	0,00	0,00
N ₂ газ, тыс. м ³	80 419,38	20,24	244,62	0,28	1,13
Всего (производные энергоносители)				176,48	46,92
ВСЕГО				622,39	

Следует отметить, что для металлургических предприятий разработаны ДСТУ 3740-98 [8] и методика определения сквозной энергоемкости [9], позволяющие осуществлять нормирование энергоресурсов на предприятиях со сложной технологической схемой производства. Однако эти документы, к сожалению, до сих пор не нашли широкого применения, несмотря на то, что приказом Государственного комитета Украины по энергосбережению [10] предписано определять сквозные нормы удельных расходов энергоресурсов на предприятиях с годовым потреблением ТЭР более 1000 т у.т./год.

ВЫВОДЫ

Мнение о более высоких показателях энергоемкости металлургической продукции Украины по сравнению со странами ЕС и США справедливо, однако уровень превышения энергоемкости отечественной металлопродукции несколько ниже, чем принято считать, и обусловлено методической неточностью расчетов в статистике.

В Украине существует база нормативных документов и методик, позволяющая определять сквозные расходы энергоресурсов в металлургическом производстве и дающая объективную оценку расхода ТЭР на предприятии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каневский, А.Л. Снижение энергоемкости продукции – один из инновационных приоритетов развития горно-металлургического комплекса Украины / А.Л. Каневский, В.А. Ботштейн, А.Г. Нотыч // Экология и промышленность. – 2008. – № 2. – С. 4–8.
2. Грищенко, С.Г. Підсумки роботи гірничо-металургійного комплексу України в 2007 році та плани галузі на 2008 рік / С.Г. Грищенко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – №1. – С. 5–6.
3. Минаев, А.А. Перспективы применения пылеугольного топлива в доменных цехах Украины и России / А.А. Минаев, А.Н. Рыженков, С.Л. Ярошевский, А.В. Кузин, З.К. Афанасьева // Металлургический компас. – 2007. – № 8. – С. 24–30.
4. Наказ міністерства промислової політики України від 25.02.2009 р. № 152 : «Щодо Галузевої програми енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.licasoft.com.ua/component/lica/?base=1&id=868693>
5. ГОСТ Р 51750-2001. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах.



6. **ДСТУ 3682-98 (ГОСТ 30583-98).** Енергозбереження. Методика визначення повної енергоємності продукції, робіт та послуг.
7. Свидетельство о регистрации авторского права на произведение № 15284. Украина. Комплекс программ по анализу использования ТЭР на основе сквозной заводской энергоёмкости: компьютерная программа / Т.А. Андреева, В.Г. Литвиненко, Г.Н. Грецкая. – заявка № 15440; заявл. 15.11.05; дата регистрации 16.01.2006, Бюл. № 1. – 90 с.
8. **ДСТУ 3740-98.** Енергозбереження. Методи аналізу та розрахунку зниження витрат палива та енергії на металургійних підприємствах.
9. Енергозбереження. Метод розрахунку витрат паливно-енергетичних ресурсів на металургійних підприємствах з використанням заводської (наскрізної) енергоємності : від 30.12.1997 р. № 9/120 / Мінпромполітики та Держкоенергозбереження. – К. : Держкоенергозбереження, 1997. – 37 с.
10. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 22 жовтня 2002 року № 112. Про затвердження Основних положень з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві // Офіційний вісник України. – 2002. – № 46. – С. 60.

Поступила в редакцію 15.04.2010

Розглянуто витрати паливно-енергетичних ресурсів на металургійному підприємстві, енергоємність чавуну при різних підходах до її визначення, у т.ч. з урахуванням витрати паливно-енергетичних ресурсів на похідні енергоносії.

Fuel-energy resources consumption at the iron & steel works, iron energy intensity at different approaches to its calculation including in view of fuel-energy resources consumption for energy derivatives are considered.