

# ЭКОЛОГИЯ и ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1

2015

екологія та промисловість ■ ecology and industry ■

ИССЛЕДОВАНИЯ | ТЕХНОЛОГИИ | ОБОРУДОВАНИЕ | ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО | МОНИТОРИНГ

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВ ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Стр. 4

## МАСШТАБНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ГАЗООЧИСТКИ ШАХТНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ № 1 В ЭСПЦ ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ»

Стр. 20

## СНИЖЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБЪЕМНОГО СПОСОБА СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Стр. 40

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Стр. 56

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ХЛОРИДІВ НА ІОНООБМІННЕ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НІТРАТІВ

Стр. 61

## УДК 669.1

В.И. ШАТОХА, докт. техн. наук, профессор, С.О. СЕМЕНКО, аспирант

Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ), г. Днепропетровск

## АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Рассмотрены тенденции развития мировой металлургии во взаимосвязи с решением вопросов регулирования климатических изменений. Проанализированы возможные сценарии в случае применения экономических механизмов стимулирования сокращений выбросов парниковых газов при производстве чугуна и стали.

**Ключевые слова:** черная металлургия, устойчивое развитие, парниковые газы, предотвращение изменения климата.

Черная металлургия относится к числу наиболее энергозатратных отраслей промышленности, при этом ее предприятия являются источниками выбросов  $\text{CO}_2$ , что обусловлено применением угля в качестве основного первичного энергоносителя. По данным Международного энергетического агентства, МЭА (International Energy Agency, IEA) [1], доля черной металлургии в мировых промышленных выбросах  $\text{CO}_2$  составляет 30 % (рис. 1), а в общих антропогенных выбросах парниковых газов – около 9 % [2]. Решение глобальных задач по смягчению последствий изменения климата невозможно без сокращения объема выбросов парниковых газов предприятиями черной металлургии. Поскольку данная отрасль является базовой для многих других отраслей промышленности, успешное решение экологических проблем в черной металлургии имеет ключевое значение для всего комплекса глобальных и региональных аспектов (социальных, экономических и экологических) устойчивого развития стран.

Задачи, поставленные Межправительственной группой экспертов по изменению климата, МГЭИК (Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC), касательно сокращения суммарного объема выбросов парниковых газов к 2050 г. на 50 % по сравнению с 2000 г. (для сдерживания глобального потепления на уровне не более 2 °С), стали частью законодательств ряда стран [3]. Например, в странах Евросоюза к 2030 г. намечено сократить выбросы  $\text{CO}_2$  промышленными предприятиями на 34–40 %, а к 2050-му – на 83–87 % [4].

При разработке стратегии развития черной металлургии в Украине следует учитывать как существующие мировые тенденции, так и прогнозные сценарии перспективного развития данной отрасли, в т.ч. в условиях ограничений на выбросы парниковых газов.



Рисунок 1 – Распределение выбросов  $\text{CO}_2$  по отраслям промышленности

Рассмотрим существующие тенденции и проанализируем результаты разработки сценариев развития черной металлургии в мире.

Наблюдаемый после Второй мировой войны период роста производства стали сменился длительной стагнацией, что было вызвано нефтяными кризисами 1973 и 1980 годов. Однако буквально за несколько лет нынешнего века мировое производство стали удвоилось, достигнув к 2014 г. 1,662 млрд т. Это обусловлено в первую очередь экономическим ростом Китая, доля которого в мировом выпуске стали увеличилась с 15 % в 2000 г. до 49,5 % – в 2014-м.

Данные о выплавке стали в странах, входящих в первую десятку производителей (табл. 1), позволяют судить о потенциале дальнейшего роста ее объемов. В частности, остается низким уровень производства стали на душу населения в Индии. Его возрастание до среднемирового показателя (225 кг на душу населения) эквивалентно дополнительной выплавке свыше 200 млн т стали даже без учета увеличения численности населения в этой стране.





**Таблица 1 – Выплавка стали странами, входящими в первую десятку производителей (по данным World Steel Association)**

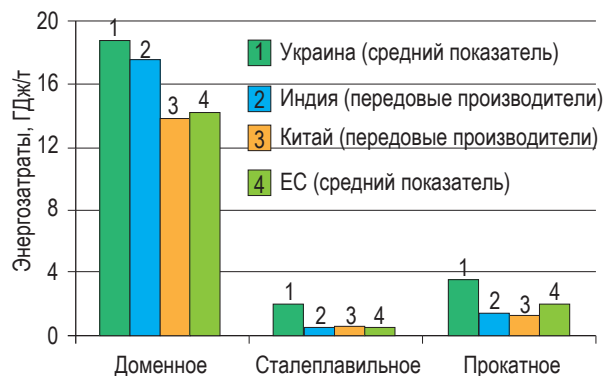
Страна	Производство стали			
	млн т	млн т	%	кг на душу населения
	2014 г.	2013 г.	2014/2013	2013 г.
Китай	822,7	815,4	+0,9	571,2
Япония	110,7	110,6	+0,1	870,0
США	88,3	86,9	+1,7	273,7
Индия	83,2	81,3	+2,3	65,3
Южная Корея	71,0	66,1	+7,5	1314,2
Россия	70,7	68,9	+2,6	475,3
Германия	42,9	42,6	+0,7	527,8
Турция	34,0	34,7	-1,8	452,6
Бразилия	33,9	34,2	-0,7	170,1
Украина	27,2	32,8	-17,1	722,3

В работе [5] приведен прогноз производства стали в мире, выполненный с использованием метода анализа материальных потоков и данных о статистических трендах, свидетельствующих о примерно одинаковом уровне насыщения показателя количества материалов на душу населения в виде тех или иных потребительских товаров (этот уровень зависит от величины валового внутреннего продукта на душу населения). Расчеты, в частности, показывают, что в 2075 г. производство стали в Индии может достигнуть максимума – 400 млн т в год, а к концу XXI века оно снизится до 300 млн т в год. Более существенный рост объема выпуска стали прогнозируется в странах Африки – с достижением уровня примерно в 500 млн т в год к 2100 г. и максимумом в следующем веке.

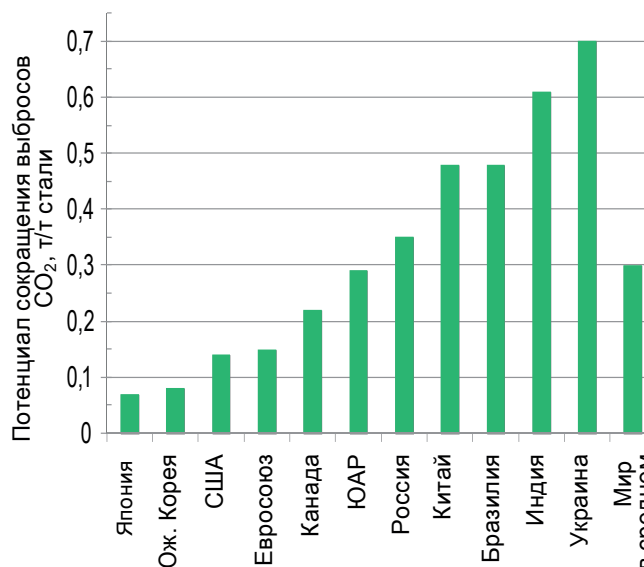
Данные об энергозатратах в 2013 г. на разных участках производства металла для Евросоюза, Украины, Китая и Индии представлены на рис. 2. Из него видно, что украинская черная металлургия заметно отстает по энергоэффективности от лучших мировых стандартов, что неудивительно, учитывая низкие темпы обновления оборудования в Украине при небольшой степени его амортизационного потенциала, а также нехватку качественного сырья.

На рис. 3 приведена диаграмма, построенная на основе данных Организации экономического сотрудничества и развития, ОЭСР (The Organization for Economic Cooperation and Development, OECD), которая позволяет оценить потенциал снижения выбросов углекислого газа при производстве стали в условиях максимального внедрения лучших доступных технологий (Best Available Technologies, BAT) [6]. Она показывает, что возможности сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в Украине за счет внедрения современных технологий превышают среднемировой показатель более чем в два раза. В то же время возможности сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в Японии, Южной Корее,

США и странах Евросоюза за счет дальнейшего внедрения BAT практически исчерпаны, в связи с чем именно там сегодня наиболее активно ведутся разработки принципиально новых технологий, внедрение которых может обеспечить выполнение обязательств по сокращению выбросов парниковых газов.



**Рисунок 2 – Энергозатраты в различных секторах металлургического производства**



**Рисунок 3 – Потенциал сокращения выбросов путем внедрения лучших доступных технологий для разных стран**

В настоящее время активно разрабатываются сценарии, моделирующие будущее металлургической отрасли в контексте реализации задач устойчивого развития. Значительный интерес представляет разработанная IEA модель развития черной металлургии, обеспечивающая сдерживание изменения климата в рамках сценария 2DS [7], который описывает динамику сокращения выбросов в энергетике и различных отраслях промышленности, позволяющую с вероятностью 80 % обеспечить существенное ограничение (до 2 °C) глобального роста температуры.

Согласно данной модели выбросы  $\text{CO}_2$  в черной металлургии до 2050 г. должны сократиться на 28 % при росте производства на 51 %. Такого показателя можно достичь путем сокращения затрат энергии. Наибольший потенциал для достижения желаемого общемирового результата заключается в выводе из эксплуатации мартеновских печей в Украине и России, а также модернизации доменного производства в Индии, Китае и Украине.

Важным аспектом данной модели является то, что ее количественные показатели могут быть достигнуты только в том случае, если к 2050 г. 40 % прямых выбросов  $\text{CO}_2$  (812 млн т в год) будут улавливаться с использованием технологии CCS (carbon capture and storage), или УХУ (улавливание и хранение углерода). Кроме того, решающую роль в реализации сценария 2DS должна сыграть промышленная коммерциализация (к 2020 г.) инновационных технологий, внедрение которых приведет к существенному сокращению выбросов парниковых газов. Предполагается, что будут успешно реализованы технологии проектов ULCOS (Евросоюз) [8] и COURSE50 (Япония) [9], а также Hismelt (Австралия, КНР) и Carbon-lean Finex (Корея) [10]. Это уже к 2025 г. должно обеспечить сокращение среднего мирового показателя удельного расхода энергии до уровня 18,9 ГДж/т стали, т.е. на 10 % по сравнению с 2011 г.

Возможность достижения краткосрочных результатов сценария 2DS вызывает сомнения, поскольку текущие тенденции развития черной металлургии полностью противоположны прогнозируемым. Так, с 2000 по 2011 г. фактическое суммарное потребление энергии при производстве стали выросло на 6,2 % – в основном вследствие увеличения объемов производства на 7,1 %. В то же время сценарий 2DS предусматривает увеличение потребления энергии в 2025 г. всего лишь на 1,2 % по сравнению с 2011-м при прогнозируемом росте производства на 27 %. Таким образом, реализация данного сценария предусматривает радикальное изменение существующего сегодня соотношения между производством стали и энергопотреблением в течение ближайших десяти лет.

Согласно сценарию развития черной металлургии, предложенному в работе [7] и учитывающему тенденции рынка лома, глобальная потребность в стали, получаемой из доменного чугуна, достигнет максимума к 2025 г., после чего пойдет на убыль, что будет сопровождаться появлением лишних доменных печей. Ожидается, что производство стали из скрапа вырастет к 2050 г. более чем в два раза и превысит производство первородной стали в период между 2050-м и 2060 г.

Исходя из указанных прогнозов в работе [7] рассмотрены два вероятных сценария. В одном из них торговля

следует за производственными мощностями, т.е. производство размещается на уже существующих предприятиях (независимо от того, где возникает спрос), а конечная стальная продукция поставляется туда, где она необходима. В этом случае, несмотря на уменьшение спроса на первородную сталь, после 2025 г. значительная часть интегрированных предприятий «доживет» до амортизационного предела. Однако между 2040-м и 2060 г. доменные печи, рассчитанные на годовой объем производства около 200 млн т, будут выведены из эксплуатации досрочно, не достигнув конечной амортизации. В период с 2020-го по 2070 г. потребности в строительстве новых доменных печей не будет, так как открытые внутренние рынки позволят рационально использовать существующие мощности в глобальном масштабе.

Во втором сценарии производственные мощности следуют за спросом. Несмотря на наличие избыточных мощностей в экономически развитых странах, Индия, страны Ближнего Востока, Латинской Америки и Африки будут развивать собственную металлургическую инфраструктуру. Следствием этого станет преждевременный вывод из эксплуатации (в развитых странах) производственных мощностей, позволяющих выпускать около 500 млн т продукции в год (наряду с ликвидацией мощностей, рассчитанных на ежегодный выпуск 100 млн т продукции, которые исчерпают свой амортизационный потенциал), нарастание кризисных явлений в отрасли и падение цен на металлургическую продукцию. К сожалению, именно такой сценарий развития черной металлургии в мире фактически уже реализуется сегодня.

Анализ показывает, что, несмотря на усилия ООН и других международных организаций, а также успехи отдельных стран, сценарий 2DS остается скорее пожеланием, нежели руководством к действию. Более того, как отмечено в публикации [7], мир ускоренно движется не в том направлении, которое необходимо для обеспечения устойчивого развития.

В основе устойчивого развития лежат не только политические решения, но и механизмы экономического стимулирования. Возможность прибыльного функционирования черной металлургии в условиях экономических ограничений на выбросы парниковых газов не вполне очевидна. Известны планы правительства Германии ограничить бесплатные выбросы  $\text{CO}_2$  для черной металлургии нынешним уровнем, что ставит под угрозу возможность роста отрасли, в то время как большинство предприятий этой страны уже работают на пределе своей энергетической и технологической эффективности.

Условия участия в Киотском протоколе были крайне выгодны для Украины и ряда других стран и открывали возможность получения нескольких миллиардов



долларов иностранных инвестиций. В частности, по данным, приведенным в работе [11], принятие Киотским протоколом «нулевого» варианта относительно 1990 г. для России фактически стало инвестицией в ее экономику (с учетом сокращения промышленного производства в этой стране) 10 млрд долл. США.

Дальнейшие международные «правила игры» в отношении обязательств различных стран по сокращению выбросов парниковых газов будут определены в ноябре 2015 г. в Париже – на Конференции ООН по изменению климата. Судя по договоренностям, достигнутым в декабре 2014 г. на аналогичной конференции в Лиме, планируется принятие обязательств по сокращению выбросов парниковых газов не только развитыми, но и развивающимися странами, что, в частности, потребует коренной модернизации производств для обеспечения конкурентоспособности и экологически устойчивого промышленного развития металлургии в Украине.

Важную роль в достижении этих целей должно играть образование. В рамках совместного европейского проекта по программе **Tempus (Higher engineering training for environmentally sustainable industrial development)** в Национальной металлургической академии Украины при активном участии ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» в магистерские учебные программы всех инженерных специальностей в сентябре 2015 г. будет внедрена новая дисциплина «Устойчивое развитие промышленности». Знание основ устойчивого развития необходимо современному инженеру, который должен понимать роль новых технологий и активно участвовать в их разработке.

## ВЫВОДЫ

Успешное решение задач устойчивого экологически безопасного развития металлургической промышленности имеет ключевое значение в контексте социальных, экономических и экологических аспектов устойчивого развития цивилизации. Анализ проблем, факторов и сценариев устойчивого развития черной металлургии в разных странах мира, в т.ч. в Украине, позволяет сделать следующие выводы:

- достижение экологически устойчивого развития металлургической промышленности требует скоординированных усилий мирового сообщества для повышения технологической и энергетической эффективности данной отрасли промышленности в условиях ухудшения качества сырья и наличия

значительного количества неиспользуемых производственных мощностей в развитых странах;

- сокращение выбросов CO<sub>2</sub> в объемах, предусмотренных сценариями устойчивого развития, невозможно без внедрения с 2020 г. разрабатываемых сегодня передовых технологий;
- обеспечение устойчивого развития украинской металлургии при постоянном ужесточении нормативов на объемы выбросов CO<sub>2</sub> требует коренной модернизации отрасли.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. International Energy Agency. Energy Technology Perspectives 2008: Scenarios & Strategies to 2050, OECD/IEA: Paris, 2008, 710 p.
2. **Allwood J. M., Cullen J. M., Milford R. L.** Options for achieving a 50 % cut in industrial carbon emissions by 2050 // Environ. Sci. Technol. – 2010. – № 7 (Vol. 44). – P. 1888–1894.
3. **Fisher B., Nakicenovic N.** Issues related to mitigation in the long-term context. In Climate Change 2007: Mitigation: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.
4. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050: COM(2011) 112 final, Brussels, 8.3.2011.
5. The steel scrap age / Pauliuk S., Milford R.L., Müller D.B., Allwood J.M. // Environ. Sci. Technol. – 2013. – № 7 (Vol. 47). – P. 3448–3454.
6. **Carvalho A.** Challenges & opportunities for the steel industry in moving towards green growth // OECD Green Growth Workshop, Seoul, 4 March 2010, 16 p.
7. International Energy Agency. Energy Technology Perspectives 2014: Harnessing Electricity's Potential: IEA, 2014, 382 p.
8. **Wins T.** The Low Carbon Future of the European Steel Sector: Presentation for the EU Parliament, September 2012 (<http://ccap.org/resource/the-low-carbon-future-of-the-european-steel-sector/>).
9. **Tonomura S.** Outline of Course 50 // Energy Procedia. – 2013. – Vol 37. – P. 7160 – 7167.
10. The FINEX Innovative Ironmaking Process. The Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate 4th Steel Task Force Work Shop. April 14-16, 2008, Busan, Korea (PowerPoint presentation).
11. **Liverman D. M.** Conventions of climate change: constructions of danger and the dispossession of the atmosphere // Journal of Historical Geography. – 2009 (35 ). – P. 279–296.

Поступила в редакцию 04.02.2015

Розглянуто тенденції розвитку світової металургії у взаємозв'язку з вирішенням питань регулювання кліматичних змін. Проаналізовано можливі сценарії у разі застосування економічних механізмів стимулювання скорочень викидів парникових газів при виробництві чавуну і сталі.

The paper considers trends of world steel industry development in the context of meeting the challenges of climate change. Possible scenarios were analyzed taking into account the economic mechanisms enable reducing greenhouse gas emissions during iron and steel production.

**УДК 669.1:662.6/9.004.18**

**А.А. СЛИСАРЕНКО**, заведующий лабораторией, **Т.А. АНДРЕЕВА**, канд. экон. наук, старший научный сотрудник Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

## НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ СКВОЗНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ И АНАЛИЗУ ПРИЧИН ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Приведено описание новых возможностей разработанного ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» комплекса программ по анализу использования топливно-энергетических ресурсов на основе расчета сквозной заводской энергоемкости металлургической продукции. Показана актуальность применения этого программного обеспечения на металлургических предприятиях. Рассмотрены варианты использования получаемой аналитической информации.

**Ключевые слова:** горно-металлургический комплекс, программное обеспечение, энергоэффективность, энергоресурсы, сквозная энергоемкость, энергоменеджмент.

Глобализация экономики сопровождается усилением борьбы за рынки сбыта производимой продукции, что влечет за собой необходимость повышения конкурентоспособности промышленной продукции. Одним из путей решения этой задачи является снижение издержек производства, в т.ч. энергозатрат.

В современных условиях проблемы снижения расхода энергоносителей требуется решать комплексно – с использованием организационно-технических мероприятий и экономических подходов [1]. Чтобы оценить эффективность энергосберегающих мероприятий, т.е. определить необходимость их внедрения, важно владеть достоверной и качественной информацией, позволяющей проанализировать изменения в использовании топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Объективным показателем эффективности использования ТЭР на промышленном предприятии горно-металлургического комплекса (ГМК Украины) является сквозная энергоемкость продукции [2, 3]. В этом показателе учитываются не только удельный расход топлива и покупной энергии в цехе, выпускающем товарную продукцию, но и затраты на изготовление полуфабрикатов

и выработку производных энергоносителей – пара, химически очищенной воды, кислорода, дутья и т.п., которые использовались при производстве данной товарной продукции.

Таким образом, сквозная энергоемкость продукции как показатель эффективности использования ТЭР является энергетическим аналогом ее себестоимости: энергозатраты всех переделов «перекладываются» на товарную продукцию (включая энергоносители, отпускаемые на сторону) и пересчитываются в расходы топлива и покупной энергии.

Для многих предприятий ГМК Украины, имеющих многостадийное производство и использующих большое количество собственных энергоносителей, ручной расчет сквозной энергоемкости является весьма трудоемким и осложняет оперативное использование данного показателя, так как в этом случае практически невозможно быстро сравнить показатели месячной или квартальной заводской энергоемкости в разные периоды работы предприятия. Исходя из этого в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» разработано программное обеспечение (ПО) «Комплекс программ по анализу использования ТЭР на основе