

УДК 669.162.2:669.162.16:620.9:504

А.В.Бородулин

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОКСОДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

Целью работы является формирование предложений по выводу черной металлургии из кризиса. Рассмотрены системные аспекты функционирования подотрасли («черного куста») в условиях кризиса на разных уровнях, приведены некоторые мероприятия в доминирующем доменном производстве. Показано, что в период энергетического кризиса возрастает роль структурной оптимизации доменного производства, умения работать на переменных режимах и гибкая, экономичная перестройка их согласно конъюнктуры рынка и иных ограничений.

ключевая металлургия, доменное производство, кризис, оптимизация, мероприятия

Современное состояние вопроса. На научно – практическом совещании «Обобщение передового опыта металлургических мероприятий Украины в области ресурсо и энергосберегающих технологий, прогрессивных решений при реконструкции и модернизации оборудования в агломерационном и доменном производстве. Решение экологических проблем», проходившего 27 – 28 ноября 2008 г. в Запорожье, рассмотрены конкретные решения в области экологии доменного производства; кроме этого проведен полезный обмен мнениями профессионалов по работе металлургических предприятий в условиях кризиса. Докт. экон. наук В.Г. Урчукин утверждает в газете «2000» от 28.11.08, что первой причиной кризиса, из пяти им перечисленных, является «Технологическая отсталость металлургического и химического производства». Возникает дилемма: «Стоит ли вообще на Украине заниматься металлургией?» Давайте проведем структурную перестройку экономики: все, что нужно и не нужно, распашем, засеем и ... будем заниматься сбором «плодов», развивать туризм, транзит, а, если получится, то и высокими технологиями. Выдающийся ученый – энциклопедист XIX века Д.И. Менделеев на подобные вопросы отвечал однозначно – что бы государство функционировало экономично, создавался средний класс, необходимо, кроме сельского хозяйства развивать и фабрично – заводское дело! Его советы архи актуальны и в настоящее время (см. эпиграф). Одна из доктрин – «устойчивое развитие» высказана в Rio de Janeiro в конце XX века. Ранее высказано много и иных полезных идей!

Целью настоящей работы является формирование предложений по выводу черной металлургии из кризиса.

Постановка задачи. Экологическая проблема является комплексной, связанной с решением социальных, экономических, технологических, токсикологических, энергетических и иных вопросов. В этом направлении важнейшая роль при-

надлежит энергетическим балансам агрегатов, устойчивых технологических линий, производств, предприятий в целом, промышленного узла, региона и державы в целом. Например, в Японии, энергоёмкость ВВП рассматривается как комплексный энерго – экологический критерий. Решение задач по экономии энергетических ресурсов будь то на отопление агрегатов или, наоборот, на их охлаждение есть важнейшая часть эффективного решения экологических проблем. При стабильной экономике эффект энергосбережения от повышения уровня управления оценивается различными экспертами от 5...10 до 30%. В период кризиса роль управления и организации производства существенно возрастает. По нашим оценкам до 75% перерасхода энергии на производство металла может вызываться возникшими трудностями управления производством в нестабильных условиях.

Изложение основных материалов исследования. Необходимо освоить проблему всесторонне, прежде всего, на гуманитарном уровне. Анализ технической литературы, нормативных документов и других материалов показал, что проблема энергосбережения и взаимосвязанные с ней экологические задачи даже теоретически недостаточно разработаны и осмыслены специалистами, занимающимися этими проблемами. Сейчас самое время поставить на научную основу проблему энергосбережения и выработать эффективные пути снижения энергоёмкости валового национального продукта. Огромную роль играет информационное обеспечение проблемы, начиная с терминологии, оценки того социального – экономического положения в котором находится общество и направления социально – политического развития Державы. Исключительная роль в решении энергетических и экологических проблем принадлежит государству. Необходимо выработать соответствующую законодательную базу для проведения активной энергосберегающей и экологической политики и определиться с принципами формирования и стратегией формирования цен на энергоресурсы и энергосберегающее оборудование.

В отличие от формулировки в первом законе Украины об энергосбережении как либерального «вида деятельности», мы считаем, что «энергосбережение» – это государственная научно – техническая и экономическая стратегия развития общества, направленная на сокращение энергоёмкости валового национального продукта. Принятая 18.05.04 года Постановой Верховной Рады України № 1823 – IV «Про проект Закону України про внесення змін до Закону України «Про енергозбереження» (щодо впровадження нових напрямів політики енергозбереження) близка к концепции по повышению роли государственной политики регулирования энергосбережением, изложенной в работе.

Накопленный человечеством опыт показывает, что эффективный выход из кризиса возможен на основе жесткого целенаправленного государственного управления усилиями всех членов общества. Об этом говорит ликвидация разрухи в России после Октябрьской Революции, создании мощной экономической базы на востоке в годы войны и восстановлении народного хозяйства после Великой Отечественной войны, практика выхода из великой депрессии и управлении экономикой США в годы второй мировой войны (Джон Гелбрейт), послевоенном возрождении Германии и Японии (Людвиг Эрхарт, Василий

Леонтьев). Проблема энергосбережения является комплексной и должна решаться на нескольких уровнях. Прежде всего, она должна быть в числе государственных приоритетов и иметь соответствующую законодательную базу и экономическую платформу.

Создание государственной системы управления энергосбережением давно вышло на передний план, она жизненно необходима в период кризиса и будет весьма полезна и при цивилизованных рыночных отношениях. Она невозможна без верной оценки приоритетов и тенденций развития экономики, стратегического прогнозирования и планирования развития энергосбережения, создания государственной энергетической статистики, совместимой с МЭА, квотировании государственных заказов на экологию, энергосбережение и т.д. Государство должно вынести принципиальные социально – политические решения по управлению и структуре экономики и составить полный энергетический баланс всего общественного производства.

Разработки по энергетической и экологической безопасности державы необходимо начинать с анализа существующей и перспективной энергетической базы. Например, для Днепропетровского региона интерес представляет Верхнеднепровское месторождение бурых углей. Проведенная в 1996 г. в ДГИ конференция читателей журнала «Уголь Украины» по перспективам и целесообразности использования бурых углей показала широкие возможности, которые открываются при использовании этих углей и продуктов их переработки в различных областях экономики региона: энергетике, металлургии, химии, сельском хозяйстве (О.В. Колоколов, С.В. Поляков, И.И. Ярчук и др.). Острейший энергетический кризис подвел к необходимости рассматривать энергосбережение как мощный альтернативный источник энергии, вопрос осуществимости того или иного варианта использования продуктов комплексной переработки бурых углей, иных энергоносителей становится экономическим вопросом стоимости и сроков, а проблема оптимального выбора между несколькими вариантами является важной научной задачей. Многовариантность путей минимизации отходов лишь повышает роль научно – методического и информационного обеспечения решения проблемы.

Опыт, накопленный в классической экологии, технологии промышленных производств и других областях, показывает, что за узловую концепцию природоохранной стратегии в крупнейших горно – металлургических регионах целесообразно взять концепцию материально – энергетического баланса и его оптимизацию (в ее наиболее совершенной форме – эксергетической). Понятие «эксергия» способно объединить три аспекта оптимизации: термодинамический, технико – экономический и экологический, а баланс эксергии интегрирует все позитивные и негативные последствия хозяйственной и научной деятельности человечества и отражает комплексный характер процессов, протекающих не только в промышленных, но и сельскохозяйственных технологиях и окружающей среде. За рубежом имеется опыт составления эксергетического баланса отдельных регионов, государств и имеются соответствующие законодательные акты. Эксергетическая концепция не подвержена инфляции, галопирующему росту цен и социальным катаклизмам, она «обладает изоморфностью независимо от разнообразия явлений и сис-

тем» и восходит своими истоками к научному наследию выдающихся естествоиспытателей, философов, экологов: С.А. Подолинского, В.А. Вернадского, Д.И. Менделеева, Н.Ф. Федорова, Н.М. Федоровского, Д. Гиббса, Р. Клаузуиса, Юджина и Генри Одумов, Н.Н. Моисеева и многих других.

Ну а что сейчас? Кризис, смутное время не проходит. Мы должны не забывать, что причина экологических проблем и кризиса экономики общая – это следствие стремления отдельных групп людей всеми способами получить максимальную прибыль (Б. Коммонер, *Технология прибыли*, М.: 1976 г.), эксплуатации одних групп населения другими, т.е., прежде всего, причины социально – экономические, а не только научно технические. Эффективность использования энергии обратно пропорционально благосостоянию многих членов общества Соответственно и действия должны быть адекватные. Опыт, который накопило человечество, показывает, что эффективный выход из кризиса возможен лишь на основе жесткого целенаправленного государственного управления усилиями всех членов общества. Консолидация действий всех членов общества в экстремальных условиях намного эффективнее, чем конфронтации. Техника и технология накопили много рациональных предложений, направленных на стабилизацию энергетического баланса, как отдельных агрегатов, производства, так и промышленных узлов, регионов и государства в целом. Здесь на первый план выходит информационное обеспечение эффективного решения проблемы, что бы действовать расчетливо, сбалансировано, а не по принципу – «наше дело сталь варить, а ваше дело дым ловить». Это актуальнейшая проблема управления большими системами, но проблема несколько иного качества.

Особое место в кризисе металлургии принадлежит коксодоменному производству как наиболее энергоемкому, с высоким экологическим воздействием на окружающую среду. Коксовые батареи и доменные печи, не только доминирующие потребители топлива, но своими вторичными энергоресурсами (коксовым и доменным газами, паром) они «конкурируют» с внешними поставщиками энергии в смысле взаимозаменяемости некоторых видов топлива и электроэнергии. Эти гигантские газогенераторы, во многом формирующие энергодбаланс металлургического комбината, являются двигателем современной черной металлургии; в кризис техническое состояние и работоспособность этих агрегатов играют исключительную роль. Доменные печи, оборудованные мощными газоочистными сооружениями и переводящие до 80 – 90% поступающей серы в шлак, обладают уникальными технологическими возможностями по переработке неэкологических видов топлива, промышленных и бытовых отходов. Предварительные расчеты и анализ показывают, что необходима структурная перестройка коксодоменного производства и рациональное энерготехнологическое комбинирование при работе доменных печей в различных режимах.

Рассмотрим некоторые полезные для условий кризиса пожелания.

Не останавливать коксовые батареи; жизненно необходимо, чтобы черный куст в металлургии находился в работоспособном состоянии. Опыт показывает, что идеи «замкнутых энергетических балансов» и «спасайся (обогащайся), кто как может» оказались не совсем прогрессивными и на повестку дня снова выходят вопросы энерготехнологического комбинирования, кооперации и др. Например, ОАО «Запорожсталь» передает часть избыточной теплоты среднего и низкого температурного потенциала на отопление города и прочие нужды. По – видимому, рациональным окажется использование коксового газа для

металлургических технологий, а коксовые батареи поддерживать в работоспособном состоянии с применением КДС.

Дополнительные затраты на подготовку шихты более чем окупятся экономией, полученной при ведении доменного процесса, и являются величиной первого ранга в направлении сокращения расхода кокса и общих энергетических затрат на производство металла и в условиях кризиса. Целесообразно организовать «запас» мощностей по производству кокса и железорудного сырья высокого качества, организовав отсев мелочи перед подачей в доменные печи и проведя иные мероприятия по повышению качества шихты.

Повышение КПД доменного процесса в изменяющихся шихтовых, энергетических и конъюнктурных условиях связан со стабилизацией и совершенствованием теплового и газодинамического режима, уменьшением тепловых потерь рабочего пространства доменных печей за счет организации центрального распределения газового потока в печах различного объема. В этот период возрастает значение превентивной подачи физической теплоты в доменную печь (табл.1 и 2). Это обеспечивается высокотемпературным дутьем, нагревом природного газа и др.

Таблица 1. Относительные приросты расходов кокса (ОПРК) и условного топлива (ОПРТ) при изменении содержания кислорода в дутье с 13 до 25% и различном нагреве дутья

| Показатели | Температура доменного дутья, °С | | | |
|--|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 900 | 1100 | 1300 | 1500 |
| ОПРК, кг кокса/ на дополнительную тонну чугуна | 615 – 628 | 613 – 618 | 613 – 618 | 613 – 618 |
| ОПРТ, кг условного топлива/ на дополнительную тонну чугуна | 614 – 627 | 576 – 602 | 568 – 602 | 570 – 613 |

Таблица 2. Величины ОПРК и ОПРТ при нагреве дутья с 900 до 1500°С и различном содержании азота в дутье

| Показатели | Содержание кислорода в дутье, % | | | | | |
|--|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 11 | 13 | 15 | 17 | 21 | 25 |
| ОПРК, кг кокса/ на дополнительную тонну чугуна | 270–284 | 270–284 | 269–283 | 263–298 | 267–296 | 265–295 |
| ОПРТ, кг условного топлива/ на дополнительную тонну чугуна | 334–391 | 316–295 | 300–291 | 287–305 | 265–350 | 253–390 |

Принятый в Украине курс на вдувание пылеугольного топлива в доменные печи при полном сокращении подачи природного газа не является наиболее прогрессивным вариантом выплавки чугуна. Во-первых, углей на Украине для пы-

ледувания пока нет в достаточном количестве и надо строить шахты или покупать за рубежом, во-вторых, подача в доменные печи природного газа и кислорода улучшает выход и теплоту сгорания доменного газа, а его использование в дальнейших металлургических переделах позволяет стабилизировать газовый баланс предприятия. Опыт металлургии США, где в домы вдувается до 100 – 150 м³ природного газа на тонну чугуна и подается 10 – 15% металлошихты, целесообразно использовать и в Украине. Природный газ является важнейшей технологической составляющей выплавки чугуна и подача его в доменные печи нагретым в определенных количествах весьма эффективна. Необходимо активнее развивать опыт ОАО «Северсталь» и «Свободный Сокол» по подогреву природного газа за счет теплоты от охлаждения доменных печей.

Чтобы в период кризиса интенсивность выплавки металла уменьшить, поддержать на рабочем уровне газораспределение в печи, выход доменного газа и его теплоту сгорания с наименьшими потерями по производству и сокращении простоев мощнейших агрегатов, целесообразно подавать в доменные печи нагретый азот. Это повысит и надежность технического состояния агрегатов. Авторы обладают «ноу-хау» по работе доменных печей с использованием нагретого азота, апробированного при задувках доменных печей ЗСМК и Кривого Рога. В табл.3 показана возможность эффективного и максимального использования тепловой мощности воздухонагревателей системы Калугина в доменной печи, работающей с пониженной интенсивностью плавки. Увеличение величины коэффициента использования топлива (КИТ) в нижней ступени теплообмена (Н.С.Т) и в печи при повышении нагрева дутья и содержании в нем нагретого азота позволит добиться высоких показателей по энергоиспользованию в условиях кризиса. Здесь есть над чем работать.

Заключение. В период энергетического кризиса возрастает роль структурной оптимизации доменного производства, умения работать на переменных режимах и гибкая, экономичная перестройка их согласно конъюнктуры рынка и иных ограничений. Технолог при решении энергетических и экологических проблем рассматривает свою задачу слишком узко, принимая во внимание лишь единичный сегмент того сложного энерготехнологического цикла, каким является производство металла. Подчеркнем особую роль в решении комплексных проблем в условиях кризиса системных аналитиков – специалистов, которые в существующих экстремальных ситуациях могут комплексно и профессионально анализировать проблему и выработать конкретные решения. Таких специалистов немного и целесообразно в ближайшее время организовать их подготовку и переподготовку. Автор с огромной признательностью вспоминает своих товарищей по труду, совместно разрабатывающих энергоэкологические вопросы в металлургии: А.Б.Анохина, В.Г.Зайцева, А.Ф.Ковтуна, И.Г.Костылькова, Н.Е.Рехтина, В.С.Степанова, И.А.Султангузина, Г.Т.Цыганкова, П.А.Шомова, С.Н.Ярунина и других.

Таблица 3. Прогнозные показатели вдувания нагретого азота в доменную печь № 9 ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» по теплоэнергетической модели И.Д. Семикина

| Параметры доменной плавки | Базы | | Проект без NG | | | Перспективные доменные плавки без NG | | | | | |
|--|----------|-------------|-----------------------|------|------|--------------------------------------|------|------|-----------------------|------|------|
| | реальная | виртуальная | 18% кислорода в дутье | | | 15% кислорода в дутье | | | 12% кислорода в дутье | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Содержание кислорода в дутье, % | 25,4 | 21 | 18 | 18 | 18 | 15 | 15 | 15 | 12 | 12 | 12 |
| Температура дутья, °С | 1080 | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | 1300 | 1300 | 1300 | 1500 | 1500 | 1500 |
| Влажность дутья, г/м ³ | 10 | 10 | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 30 | 10 | 10 | 30 |
| Производительность печи, т/сутки | 7800 | 7200 | 6360 | 7128 | 7104 | 6192 | 6864 | 6768 | 6576 | 7032 | 7152 |
| Производительность печи, % | 100 | 92,3 | 81,5 | 91,4 | 91,1 | 79,4 | 88 | 86,8 | 84,3 | 90,2 | 91,7 |
| Расходы на тонну чугуна: | | | | | | | | | | | |
| • кокса, кг | 489 | 545 | 536 | 541 | 550 | 502 | 505 | 513 | 472 | 474 | 482 |
| • природного газа, м ³ | 88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| • условного топлива, кг | 596 | 546 | 536 | 540 | 550 | 500 | 502 | 510 | 467 | 469 | 476 |
| • технологического кислорода, м ³ | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| • технологического азота, м ³ | 0 | 0 | 205 | 207 | 208 | 422 | 417 | 422 | 652 | 664 | 653 |
| Расход технологического азота, м ³ /мин | 0 | 0 | 907 | 1024 | 1024 | 1814 | 1986 | 1986 | 2979 | 3243 | 3224 |
| Расход дутья, м ³ /мин | 6350 | 6350 | 6350 | 7167 | 7167 | 6350 | 6950 | 6950 | 6950 | 7567 | 7567 |
| Выход влажного колошникового газа, м ³ /час | 58010 | 55110 | 5128 | 5510 | 6029 | 4974 | 5617 | 5682 | 5340 | 5725 | 5884 |
| | 0 | 0 | 00 | 00 | 52 | 00 | 00 | 30 | 00 | 00 | 00 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Теплота сгорания колошниково-го газа, кДж/м ³ | 4066 | 3327 | 2985 | 2980 | 3100 | 2626 | 2621 | 2738 | 2257 | 2250 | 2363 |
| Общая тепловая мощность печи, МВт | 947 | 795 | 682 | 769 | 769 | 566 | 621 | 621 | 497 | 541 | 541 |
| Усвоенная тепловая мощность в Н.С.Т., МВт | 260 | 272 | 235 | 267 | 267 | 229 | 253 | 252 | 249 | 272 | 272 |
| КИТ в нижней ступени тепло-обмена | 0,293 | 0,364 | 0,369 | 0,369 | 0,369 | 0,420 | 0,420 | 0,420 | 0,478 | 0,478 | 0,478 |
| • кокса в том числе и | 0,355 | 0,364 | 0,369 | 0,369 | 0,369 | 0,420 | 0,420 | 0,420 | 0,478 | 0,478 | 0,478 |
| • природного газа | – 0,061 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Теоретическая температура горения углерода кокса в су-хом дутье, °С | 2148 | 2278 | 2205 | 2205 | 2205 | 2214 | 2214 | 2214 | 2145 | 2145 | 2145 |
| Температура колошника, °С | 226 | 172 | 231 | 242 | 247 | 242 | 245 | 257 | 254 | 254 | 269 |
| Степень использования СО, % | 39,7 | 42,1 | 42,5 | 42,4 | 41,9 | 44,5 | 44,4 | 43,9 | 46,4 | 46,2 | 45,8 |
| Степень прямого восстано-вления железа по М.А. Павлову, rd, % | 40,3 | 55,5 | 54,6 | 55,1 | 49,8 | 56,8 | 57,4 | 51,7 | 59,1 | 60,4 | 54,4 |

Статья рекомендована к печати:

Ответственный редактор

раздела «Организация научных исследований и производства»:

академик НАН Украины В.И.Большаков

рецензент докт.техн.наук, проф. И.Г.Товаровский

О.В.Бородулін

Енергетичні і екологічні аспекти функціонування коксодоменного виробництва в умовах економічної кризи

Метою роботи є формування пропозицій щодо виводу чорної металургії з кризи. Розглянуто системні аспекти функціонування підгалузі («чорного куша») в умовах кризи на різних рівнях, приведено деякі заходи в домінуючому доменному виробництві. Показано, що в період енергетичної кризи зростає роль структурної оптимізації доменного виробництва, уміння працювати на змінних режимах і гнучка, економічна перебудова їх згідно кон'юнктури ринку і інших обмежень.