УДК 669.1.011

А.А. ПАВЛЕНКО, главный инженер, **Н.И. ПАЛАМАРЧУК,** главный инженер проекта,
Н.Г. ШАПОВАЛОВА, начальник отдела, **П.Д. ДАВЫДЕНКО,** начальник отдела,
Ю.А. ВАГАНОВ, начальник отдела, **В.С. АРИХ,** начальник отдела, **Н.В. МОЦАРЬ,** главный технолог отдела
НИПИМП «Гипросталь» УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ И ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ОАО «АЛЧЕВСКИЙ МЕТКОМБИНАТ»

В статье предложены пути решения вопросов энергосбережения при проектировании реконструкции агломерационного, доменного, сталепрокатного и вспомогательных производств ОАО «Алчевский меткомбинат» (АМК).

энерго- и ресурсосбережение, агломерационное, доменное, конвертерное, прокатное производство, проектирование, капитальное строительство, реконструкция

© А.А. Павленко, Н.И. Паламарчук, Н.Г. Шаповалова, П.Д. Давыденко, Ю.А. Ваганов, В.С. Арих, Н.В. Моцарь

Металлургический комплекс Украины – один из наиболее крупных и энергоемких. Потребление в нем энергоресурсов (топлива, электроэнергии и природного газа) достигает 17–18 % общего потребления в стране.

Доля энергозатрат в себестоимости металлургической продукции составляет 40–50 %, что почти в два раза превышает соответствующие показатели в США и Японии.

Постоянно растущие цены на энергоносители и отсутствие в Украине достаточной собственной энергетической базы, способной удовлетворить потребность в энергоресурсах, должны определить техническую и экономическую политику предприятий: сокращение закупок первичных природных энергоносителей за счет использования вторичных энергетических ресурсов в максимальном объеме, повышение рентабельности и обеспечение устойчивости развития производства.

Основными причинами неэффективного использования энергоресурсов на металлургических предприятиях Украины являются устаревшие технологии и износ оборудования. Поэтому главным направлением энергосбережения должно стать внедрение новых технологических процессов и современного оборудования, обеспечивающих при максимальной производительности и высоком качестве продукции минимальный уровень потребления энергетических ресурсов.

Примером такого комплексного подхода к технологическому перевооружению и полной реконструкции всех металлургических переделов, включая инфраструктуру, может служить «Программа развития ОАО «Алчевский меткомбинат» на период до 2010 г.», в соответствии с которой разработана проектно-сметная документация. Согласно этой программе на комбинате намечается строительство новой аглофабрики производительностью до 12 млн т агломерата в год, в т.ч. блока спекания с двумя агломашинами (площадью спекания 477 м^2).

В технологической схеме предусмотрены элементы современной технологии, позволяющие экономить сырьевые и энергетические ресурсы:

- усреднение сырья на накопительно-усреднительном складе (тщательная подготовка шихты) снизит расход твердого топлива в агломерации на 5–7 %, а кокса в производстве чугуна – на 7–8 %;
- дозирование с автоматическим регулированием компонентов шихты за счет стабильности по основности и химическому составу снизит затраты твердого топлива;
- спекание в высоком слое (до 600 мм) при высоком вакууме (>12 кПа) снизит расход топлива (на 6–8 %), уменьшит унос пыли, увеличит полноту сгорания топлива;
- многостадийное грохочение обеспечит содержание мелочи 0–5 мм в годном агломерате – не более 5 %;
- рециркуляция отходящих аглогазов сэкономит до 25 % энергоресурсов;
- использование тепла горячего воздуха, отходящего от охладителей агломерата в зажигательном горне агломашин, снизит расход газообразного топлива на 2 м^3/т;
- оснащение всех этапов агломерационного передела современными автоматизированными системами предоставит возможность контролировать, регулировать, вести учет как технологических параметров, так и расхода энергоносителей.

В результате осуществления указанных мероприятий удельный расход твердого топлива снизится до 20 %, смеси коксодоменного газа – до 10 %, условного топлива – до 13 %. Для зажигания шихты будет использована смесь коксодоменного газа без применения природного.

Наряду с энергосберегающими мероприятиями предусматривается утилизация агломерационной пыли и железосодержащих отходов в доменном цехе. Совокупность всех энерго-, ресурсосберегающих технологических мероприятий позволит снизить удельные концентрации CO, SO_2, NO_x (кг/т агломерата) до 40 %, что значительно уменьшит техногенную нагрузку на окружающую природную среду.

Основные показатели работы аглофабрик представлены в табл. 1.

По плану реконструкции ОАО «Алчевский меткомбинат» (АМК) предусмотрено техническое перевооруже-

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных технических показателей аглофабрик

Показатели	Единица измерения	Значение показателей аглофабрики		%
		существующей	проектируемой	
Производство	млн т	5,4	12,0	
Удельный расход электроэнергии	кВт · час/т	29	34,6	+16,1
Удельный расход твердого топлива агломерата	кг/т	55	43,5	–20,9
Удельный расход смеси коксо-доменного газа	м^3/т	20	18	–10,0
Удельный расход тепла	кг у.т./т	60,4	52,5	–13,1

+ – увеличение, – – снижение.

ние доменного производства. В настоящее время завершена реконструкция доменной печи (ДП) № 1 объемом 3000 м^3, начато проектирование (с параллельным строительством) самой современной в Украине ДП № 2 объемом 4500 м^3.

При выполнении проектов реконструкции и модернизации ДП вопросы энергосбережения решаются в двух направлениях – технологическом и конструктивном.

Технологическое направление:

1. Вдувание пылеугольного топлива приведет к снижению расхода кокса, уменьшению в 3–4 раза расхода природного газа.

2. Повышение температуры дутья до 1200 °С предусматривает нагрев газа и воздуха горения на установках подогрева.

3. Применение отсеянной шихты с большим содержанием железа и с меньшим количеством мелочи снизит на 2–3 % расход кокса и повысит производительность ДП.

4. Обогащение дутья кислородом повысит до 200 кг/т подачу пылеугольного топлива и снизит расход природного газа.

Конструктивное направление:

1. Внедрение новых систем охлаждения ДП (в т.ч. испарительного) значительно уменьшит расход технической воды, а применение химически очищенной воды в замкнутом контуре с установкой новых конструкций холодильников увеличит срок эксплуатации ДП до 15 и более лет.

2. Установка новых загрузочных устройств, включая бесконусное загрузочное устройство (БЗУ), повысит производительность печей и снизит расход кокса за счет улучшения распределения материалов на колошнике и повышения давления колошникового газа, а при применении азотоподавления уменьшит вредные выбросы в атмосферу.

3. За счет новых конструкций желобов с применением высокостойких желобных масс уменьшится время простоев печей. Укрытие желобов литейного двора крышками сохранит температуру жидкого чугуна. Поскольку бетонированные желоба пропускают до 1,0 млн т металла и их набивка (торкретирование) происходит один раз в 2–3 месяца, значительно снижаются эксплуатационные затраты.

4. Оборудование конвейерными шихтоподачами подбункерных помещений с отсевом мелочи и аспирационными системами с очисткой от пыли.

5. Новые конструкции литейных дворов оснащаются аспирационными системами для очистки воздуха от пыли на уровне предельно допустимых концентраций (ПДК).

6. Установка вместо электрических пушек гидравлических, бурмашин, манипуляторов для монтажа крышек главных желобов.

7. Оборудование всего комплекса доменного цеха двухуровневой автоматизированной системой управления технологическим процессом.

После полной реконструкции комбината производительность доменного цеха возрастет до 8,5 млн т чугуна в год (с учетом оснащения всех ДП установками по вдуванию пылеугольного топлива – 140–150 кг/т чугуна, а по предложению фирмы «Кютнер» – до 200 кг/т).

В 1952 г. на АМК введен в эксплуатацию мартеновский цех, максимальная производительность которого в 1984 г. составляла 4,4 млн т стали. За период своего существования мартеновский цех неоднократно подвергался реконструкции и техническому перевооружению. Принимая во внимание состояние оборудования цеха, экономические показатели его работы, а также требования экологической безопасности, «Программа развития ОАО «Алчевский меткомбинат» на период до 2010 г.» предусматривает переход от мартеновского способа производства стали к конвертерному.

В результате выполнения части мероприятий указанной «Программы...» введены в эксплуатацию новое отделение непрерывной разливки стали с двумя слябовыми МНЛЗ производительностью по 2,5 млн т в год каждая, установкой «печь-ковш», вакууматором и первая очередь конвертерного цеха с одним 300-тонным конвертером (в ноябре 2007 г.); второй конвертер будет пущен в 2008 г.

Основные мероприятия по внедрению энерго-, ресурсосберегающих технологий конвертерного цеха:

- использование современного технологического и вспомогательного оборудования большой единичной мощности;
- применение комбинированной продувки в конвертере (кислородом – сверху через фурму, инертным газом – через днище), обеспечивающей экономию шлакообразующих, чугуна, ферросплавов и повышение выхода годного металла;
- десульфурация чугуна;
- перенос части операций по рафинированию и легированию стали в сталеразливочный ковш (присадка сыпучих материалов и ферросплавов в ковш на выпуске, внепечная обработка стали);
- сбор конвертерных газов в газгольдер с последующей их передачей для выработки электроэнергии;
- использование отходов производства в качестве шлакообразующих и добавочных материалов после окомкования в брикеты пыли газоочисток;
- доставка в конвертерный цех жидкого чугуна в передвижных миксерных ковшах, что обеспечивает повышение температуры заливаемого в конвертер чугуна примерно на 50 °С;

- применение высококачественных огнеупоров, увеличивающих срок службы футеровки;
- разогрев футеровки ковшей перед приемом расплавленного металла до 1100–1200 °С с торкретированием футеровки, обеспечивающим снижение расхода огнеупоров;
- оптимизация процесса продувки кислородом с «жесткого» и «мягкого» режимов, что ведет к уменьшению потерь металла с выбросами в виде корольков и оксидов железа в шлаке;
- использование современной двухуровневой автоматизированной системы управления технологическим процессом, обеспечивающей получение заданных параметров содержания углерода и температуры металла в конце продувки, что позволяет избежать дополнительных простоев конвертера и потерь тепла при выполнении корректирующих операций, уменьшить расход корректирующих добавок по ходу плавки;
- применение современных методов контроля состояния ванны по ходу продувки (например контроля уровня ванны), что позволит уменьшить количество выбросов;
- контроль температуры и химического состава металла на участке десульфурации чугуна и в конвертере с использованием современных методов контроля и оборудования.

Сравнительная характеристика существующего и проектного производства стали представлена в табл. 2.

В проекте комплекса конвертерного цеха комбината, кроме очистки конвертерных газов, предусмотрены газоочистки для отделений перелива и десульфурации чугуна, отделения подготовки сыпучих материалов и ферросплавов, системы аспирации в тканевых фильтрах от бункерных эстакад, а также неорганизованных выбросов от укрытий конвертеров, зонтов вытяжной системы при заливке чугуна в конвертер и выпуске стали, от продувки металла в ковше.

После реконструкции сталеплавильного производства выбросы вредных веществ в атмосферу на единицу выпускаемой продукции уменьшатся более чем в четыре раза.

Прокатное производство комбината будет реконструироваться с переводом всего объема выплавляемой стали на непрерывную разливку, выводом из эксплуатации обжимного цеха, что повысит выход проката на 10–15 % и обеспечит сокращение потребления природного газа до 50 м^3/т проката.

Первый этап – реконструкция существующего толстолистового стана 2800 с изменением его классификации на стан 3000. Это даст возможность повысить качество готовой продукции и обеспечить производство штрипса для нефтегазопроводных труб и судостали в объеме 400 тыс. т/год по контролируемым режимам прокатки, снизить температуру нагрева металла в печах на 100 °С и сэкономить 5–10 кг условного топлива на тонну проката.

Производство листа методом контролируемой прокатки позволяет достичь высоких механических характеристик, улучшить его плоскостность, уменьшить массу изделия из листа. А также за счет более высоких прочностных характеристик обеспечит более длительный срок эксплуатации нефте- и газопроводов в экстремальных климатических условиях.

Охлаждение раскатов в установке контролируемого охлаждения (УКО) за счет получения высоких механических свойств обеспечивает снижение расхода легирующих элементов при выплавке стали и уменьшение издержек производства на термическую обработку листов в печах.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технических показателей производства стали

Показатели	Единица измерения	2005 г.	2009–2010 гг.		
			Сталь мартеновская (ДСА)	Сталь конвертерная	Всего
Годовое производство стали	тыс. т	3900 (мартеновская)	2240	5000	7240
Разливка стали в слитки	%	82	91	–	29
Разливка стали на МНЛЗ	%	18	9	100	71
Расход чугуна	т/т	0,75	0,75	0,85	0,82
Расход металлолома	т/т	0,306	0,306	0,21	0,235
Расход кислорода	м^3/т	95	95	55	62
Расход условного топлива	кг/т	78,1	22,40* 55,8**	5	19,8
Расход электроэнергии	кВт · час/т	36	36	6	15,3
Расход извести	кг/т	40	50	90	80

* – разливка на МНЛЗ; ** – разливка в слитки.

На реконструированном стане 3000 для энергосбережения в настоящее время внедрены тиристорные преобразователи частоты, которые эффективно и экономично управляют электроприводами переменного тока, что позволило:

- сэкономить от 20 до 50 % потребляемой электроэнергии;
- увеличить число включений и отключений для мощных электроприводов за счет снижения пусковых токов;
- повысить надежность работы технологического оборудования и снизить затраты на его ремонт за счет снижения динамических перегрузок;
- включить электроприводы в автоматическую систему управления технологическим процессом (АСУТП).

Перспективно применение регулируемых электроприводов переменного тока в прокатном производстве в системах охлаждения крупных электрических машин, рольгангов, вентиляторов, насосов и пр.

Одними из основных энергосберегающих мероприятий в энергетическом хозяйстве АМК являются использование конвертерного газа в качестве топлива для выработки электроэнергии на парогазовой установке и использование тепла отходящих газов для выработки пара.

Газоотводящий тракт от конвертеров работает по схеме без дожигания оксида углерода и состоит из котла-охладителя конвертерных газов, газоочистки с электрофильтрами, дымососа, газопроводов, свечи, вспомогательных устройств.

При использовании конвертерного газа в качестве топлива он после электрофильтра и станции переключения поступает в газоохладитель, а через газгольдер – потребителям.

Вырабатываемый в котле-охладителе насыщенный пар используется в самом котле-охладителе, а избыток пара передается потребителям (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели экономии условного топлива по теплосиловому хозяйству конвертерного цеха

Энергоносители	Количество энергоносителя	Количество топлива, т у.т./год	Количество топлива в пересчете на природный газ, м³/год
Конвертерный газ из газгольдера	640×10^6 нм³/год	160×10^3	140×10^6
Пар для потребителей	$0{,}4\times10^6$ т/год	35×10^3	30×10^6

Таким образом, технология работы конвертеров без дожигания СО позволяет экономить ежегодно приблизительно 140 млн м³ природного газа.

В связи со строительством конвертерного цеха и реконструкцией ДП на комбинате существенно возрастает потребность в продуктах разделения воздуха: кислороде, азоте и аргоне.

Оборудование кислородного производства изношено, энергетически затратно; кислородные блоки производят кислород и азот низкого давления, что требует их последующего сжатия в компрессорах. Поэтому при переоснащении кислородного производства было установлено новое современное оборудование:

- кислородные блоки с процессом внутреннего сжатия кислорода и азота с выдачей их из блоков под давлением 3,1 МПа, что позволило исключить из схемы компрессорные машины для кислорода и азота и уменьшить расход электроэнергии;
- компрессоры для сжатия воздуха, подаваемого в блоки разделения, с экономией на 1,2 млн грн в год;
- система охлаждения машинного оборудования новых кислородных блоков с устройством замкнутого контура в теплообменниках. При этом расход воды сократился на 17 % и уменьшился расход электроэнергии на ее циркуляцию (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели экономии энергоресурсов по кислородному производству

Энергоносители	Единица измерения	Удельные расходы на 1000 м³		Снижение, %
		существующее оборудование	новое оборудование	
Электроэнергия на производство кислорода и азота	кВт · час	400,0	157,0	60
Электроэнергия на сжатие исходного воздуха	кВт · час	84,0	67,0	21,0
Электроэнергия на сжатие кислорода	кВт · час	280,0	0	100,0
Оборотная вода	м³	25,7	21,4	17,0

«Программа развития ОАО «Алчевский меткомбинат» на период до 2010 г.» предусматривает значительное снижение потребления покупных энергоносителей и максимальное использование вторичных энергоресурсов, вырабатываемых на комбинате.

Наиболее приемлемым является техническое перевооружение и расширение собственных энергогенерирующих мощностей, различные варианты использова-

ния которых сегодня не только прорабатываются, но уже нашли свое воплощение:

- конвертерный газ в схеме с газгольдером для выработки электроэнергии;
- избыточное давление колошникового газа ДП с установкой газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ) за ДП с выработкой электроэнергии.

Потенциальная выработка электроэнергии составит до 40 кВт · час/т чугуна в зависимости от параметров ДП.

В настоящее время осуществляется поочередное строительство трех энергогенерирующих блоков мощностью по 150 МВА каждый с установкой парогазовых турбин.

С вводом их в эксплуатацию потребление электроэнергии со стороны сведется до минимума.

При выполнении всего комплекса мероприятий будет решена задача полного использования образующихся вторичных горючих газов и тепла отходящих газов, что также приведет к значительному снижению экологической нагрузки на окружающую природную среду.

Таким образом, при реализации комплексных мероприятий по энерго- и ресурсосбережению, экологическим показателям по всем переделам производства АМК станет одним из самых современных и эффективных металлургических предприятий.

Поступила в редакцию 15.01.2008

У статті запропоновано вирішення питань енергозбереження при проектуванні реконструкції агломераційного, доменного, сталепрокатного та допоміжних виробництв ВАТ «Алчевський меткомбінат».

The article proposes the ways to solve the questions of energy-saving at developing reconstruction projects of sintering, blast-furnace, steel-rolling and auxiliary shops at Alchevsk Integrated Iron & Steel Works.