



В.П. КУХТА, заместитель генерального директора

ЭПХО «Укрметэнерго», г. Днепропетровск

В.В. ЛЕСОВОЙ, заместитель генерального директора, к.т.н.,

И.Т. ПОНОМАРЕНКО, начальник отдела, **А.С. КОЗЛОВ**, заместитель начальника отдела

Объединение «Металлургпром», г. Днепропетровск

НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

В статье изложены три направления работ по энергосбережению на металлургических предприятиях: повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, использование ВЭР, энергоменеджмент. Техническое перевооружение аглофабрик, доменных печей и сталеплавильного производства осуществляется с внедрением ресурсосберегающих технологий. Развитие системы энергоменеджмента приведет к контролю повышения эффективности энергоиспользования.

металлургические предприятия, энергосбережение, удельная энергоемкость, техническое перевооружение, вторичные энергоресурсы, энергоменеджмент

Металлургическая отрасль является одной из базовых в экономике и одной из наиболее энергоемких отраслей промышленности Украины. В 2007 г. потребление электроэнергии предприятиями с полным металлургическим циклом составило более 17,5 млрд кВт · час, а топлива – 38,6 млн т ут. Высокий уровень потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в металлургической отрасли обусловлен использованием значительного количества устаревших энергосоздающих технологий и большим физическим износом оборудования (65 % и более).

Следует отметить, что в последние три года на предприятиях горно-металлургического комплекса (ГМК) идет динамичный процесс технического перевооружения основных производств – аглодоменного, сталеплавильного и прокатного, а также энергетического хозяйства с внедрением новых технологических процессов и оборудования.

Техническое перевооружение определяет три основных направления в работе по энергосбережению:

- повышение эффективности использования первичных ТЭР;
- повышение степени использования вторичных топливных и тепловых энергетических ресурсов;
- энергоменеджмент.

Сложность металлургических технологий при насыщенности их энергетическими агрегатами, потоками сырья, материалов, высокотемпературными полуфабрикатами и отходами, необходимости мощных потоков энергоносителей различной физико-химической природы требует четкой организации, непрерывности и рит-

мичности металлургических процессов, нарушение которых приводит к потерям или непроизводительным затратам энергоносителей.

На энергоемкость металлургической продукции влияют многие технологические и организационно-производственные факторы: степень загруженности производственных агрегатов, качество железорудного сырья и кокса, обеспеченность сталеплавильного производства металлическим ломом, степень использования вторичных тепловых ресурсов, уровень учета полученных и использованных топливно-энергетических и сырьевых ресурсов, техническое содержание технологического и энергетического оборудования, организация производства (энергоменеджмент).

Указанные факторы могут быть в полной мере реализованы только при создании на предприятии полноценной системы энергоменеджмента, который был бы полностью интегрирован в общую структуру менеджмента предприятия. В настоящее время энергоменеджмент на металлургических предприятиях применяется частично на уровне разработки мероприятий по энергосбережению и контроль отчетности по их выполнению основан на данных энергопотребления цехов предприятий.

За последние годы на металлургических предприятиях проведена значительная работа по снижению энергоемкости металлургической продукции, хотя темпы этого снижения должны быть более высокими. Для примера рассмотрим динамику снижения энергоемкости продукции на наиболее энергоемких предприятиях ГМК – предприятиях с полным металлургическим циклом, произ-

водящих чугуна, сталь, прокат, которые входят в состав объединения «Металлургпром» и потребляют более 80 % различных видов топлива и более 40 % электроэнергии в целом по ГМК.

За энергоёмкость продукции на металлургических предприятиях условно принято потребление топлива и электроэнергии, отнесенные к 1 тонне произведенного чугуна, поскольку на производство чугуна приходится наибольший объем потребляемых энергоресурсов при производстве металлопроката.

В табл. 1 и на рис. 1–4 указаны (1999–2007 гг.): рост объемов производства чугуна; рост объемов потребления электроэнергии; рост объемов потребления топлива (в т.ч. по различным видам); расход электроэнергии в целом, отнесенный к 1 т чугуна; расход топлива в целом, отнесенный к 1 т чугуна.

Снижение удельной энергоёмкости до 2004 г. объясняется в основном постепенным ростом загрузки производственных мощностей и внедрением малозатратных мероприятий по экономии ТЭР, а после 2004 г., когда использование производственных мощностей приблизилось к 80–90 %, что соответствует рекомендуемому оптимуму, снижение энергоёмкости обусловлено началом коренного перевооружения металлургических предприятий. В 2005 г. капитальные инвестиции в техперевооружение металлургических предприятий составили 5 млрд грн, что более чем в 2 раза превысило уровень 2003 г. (2,2 млрд грн). В 2006 г. объем инвестиций – 6,5 млрд грн, а в 2007 г. значительно превысил уровень 2006 г. и составил более 10 млрд грн (рис. 5).

Техперевооружение металлургических предприятий сопровождается внедрением прогрессивных технологий с применением новейшего энергосберегающего оборудо-

вания. Основными направлениями в техперевооружении и модернизации основных металлургических производств являются [1–4]:

1. В *агломерационном производстве* – реконструкция существующего агломерационного производства и строительство аглофабрик нового поколения с использованием современных энергосберегающих и экологически чистых технологий.

В 2007 г. на семи аглофабриках металлургических предприятий ПО «Металлургпром» было произведено 44,6 млн т агломерата. Необходимо отметить, что все аглофабрики были введены в эксплуатацию еще в 60-е годы прошлого столетия, поэтому сегодня технологические схемы производства агломерата, а также здания и основное технологическое оборудование морально устарели и физически изношены. Стоимость энергоносителей составляет 20 % и более в структуре себестоимости агломерата, что в 1,5–2,0 раза выше зарубежных показателей. Поэтому при техническом перевооружении агломерационного производства наиболее целесообразным является строительство новых аглофабрик.

Планы строительства новых аглофабрик приняты на ОАО «Алчевский меткомбинат», ОАО «Днепропетровский меткомбинат им. Дзержинского», ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ОАО «Енакиевский метзавод» и ОАО «Макеевский метзавод». Содержание мелочи в агломерате на новых аглофабриках снизится в 2 раза (7 %), за счет этого только в доменном производстве будет сэкономлено ~450 тыс. т кокса в год. Расход природного газа на агломерацию будет уменьшен на 35 млн м³/год, коксового орешка – на 220 тыс. т, а общее снижение потребления энергоносителей на новых аглофабриках составит не менее 200 тыс. т у.т.

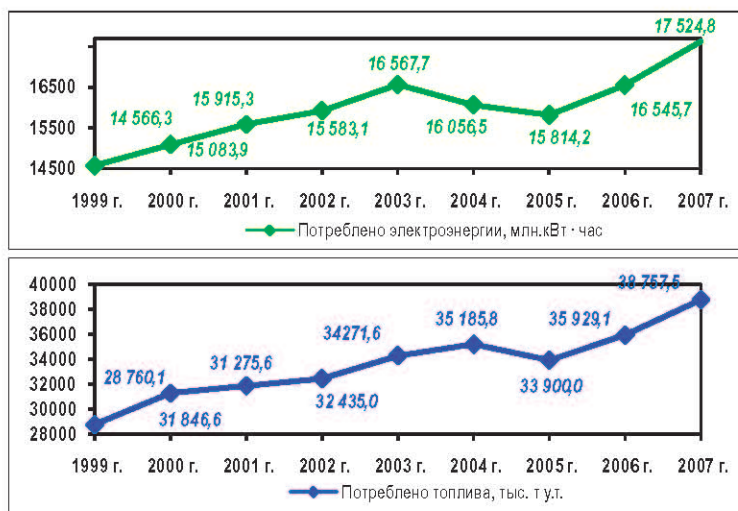


Рисунок 1, 2 – Потребление электроэнергии и топлива на предприятиях с полным металлургическим циклом в 1999–2007 гг.

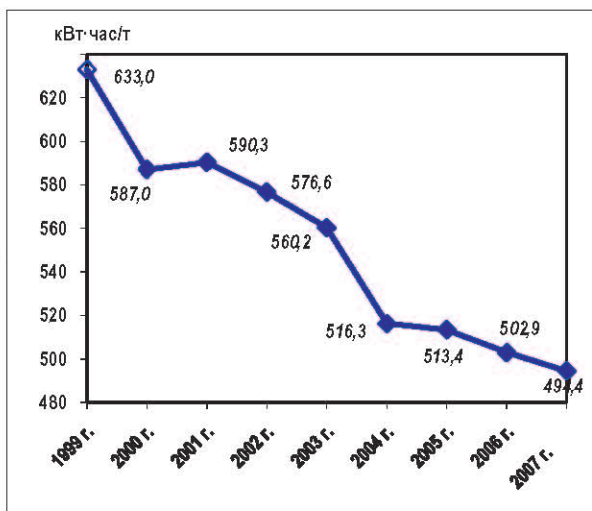


Рисунок 3 – Расход электроэнергии в целом, отнесенный к 1 т чугуна



Таблица 1 – Динамика расхода электроэнергии и котельно-печного топлива предприятиями объединения "Металлургпром" в 1999–2007 годах

| Годы | Производство чугуна млн т | Рост в % к пред. году | Потреблено электроэнергии все-го млн. кВт-час | Потреблено топлива, всего, т | В том числе по видам топлива | | | | | | | | | | | | Расход электроэнергии в целом, отнесенный к 1 т чугуна | Расход топлива в целом, отнесенный к 1 т чугуна | | | | |
|------|---------------------------|-----------------------|---|------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--|---|---------------------|--------------|--------|--------------|
| | | | | | коксовая продукция | | газ природн. | | газ Домен. | | газ коксовый | | мазут | | уголь | | | | прочие виды топлива | | | |
| | | | | | тыс. т | % общ. потр. | тыс. т | % общ. потр. | тыс. т | % общ. потр. | тыс. т | % общ. потр. | тыс. т | % общ. потр. | тыс. т | % общ. потр. | | | тыс. т | % общ. потр. | тыс. т | % общ. потр. |
| 2000 | 25,7 | 2,7 | 15 083,9 | 31 275,6 | 15 479,7 | 49,5 | 7915,4 | 25,3 | 5662,2 | 18,1 | 1409,5 | 4,5 | 185,6 | 0,6 | 597,1 | 1,9 | 26,1 | 0,1 | 587,0 | 7,3 | 1217,0 | 1,0 |
| 2001 | 26,4 | 2,5 | 15 583,1 | 31 846,6 | 15 730,6 | 49,4 | 7930,2 | 24,9 | 5929,3 | 18,6 | 1438,6 | 4,5 | 200,3 | 0,6 | 573,5 | 1,8 | 44,1 | 0,2 | 590,3 | 0,6 | 1206,3 | 4,0 |
| 2002 | 27,6 | 4,5 | 15 915,3 | 32 435,0 | 16 231,3 | 50,0 | 7686,0 | 23,7 | 6118,2 | 18,9 | 1431,2 | 4,4 | 174,7 | 0,5 | 773,8 | 2,4 | 19,8 | 0,1 | 576,6 | 2,3 | 1175,2 | 2,6 |
| 2003 | 29,6 | 7,2 | 16 567,7 | 34 271,6 | 16 638,6 | 48,6 | 8515,8 | 24,8 | 6326,6 | 18,5 | 1499,1 | 4,4 | 174,1 | 0,5 | 1042,1 | 3,0 | 75,0 | 0,2 | 560,2 | 2,8 | 1157,8 | 1,4 |
| 2004 | 31,1 | 5,1 | 16 056,5 | 35 185,8 | 16 893,4 | 48,0 | 8725,3 | 24,8 | 6728,3 | 19,1 | 1466,3 | 4,2 | 148,3 | 0,4 | 1119,4 | 3,2 | 104,8 | 0,3 | 516,3 | 7,8 | 1131,4 | 2,3 |
| 2005 | 30,8 | 1,0 | 15 814,2 | 33 900,0 | 15 105,9 | 44,6 | 9518,4 | 28,1 | 6458,0 | 19,0 | 1490,0 | 4,4 | 155,0 | 0,5 | 1158,1 | 3,4 | 14,6 | 0,04 | 513,4 | 0,6 | 1100,6 | 2,7 |
| 2006 | 32,9 | 6,8 | 16 545,7 | 35 929,1 | 17 540,7 | 48,8 | 7597,1 | 21,1 | 6991,0 | 19,5 | 1699,2 | 4,7 | 206,9 | 0,6 | 1868,9 | 5,2 | 25,3 | 0,1 | 502,9 | 2,0 | 1092,1 | 0,8 |
| 2007 | 35,6 | 8,3 | 17 624,8 | 38 757,5 | 19 237,3 | 49,6 | 8335,5 | 21,5 | 7601,8 | 19,6 | 1868,0 | 4,8 | 202,5 | 0,52 | 1516,7 | 3,98 | 4,3 | 0,01 | 494,4 | 1,7 | 1087,2 | 0,45 |

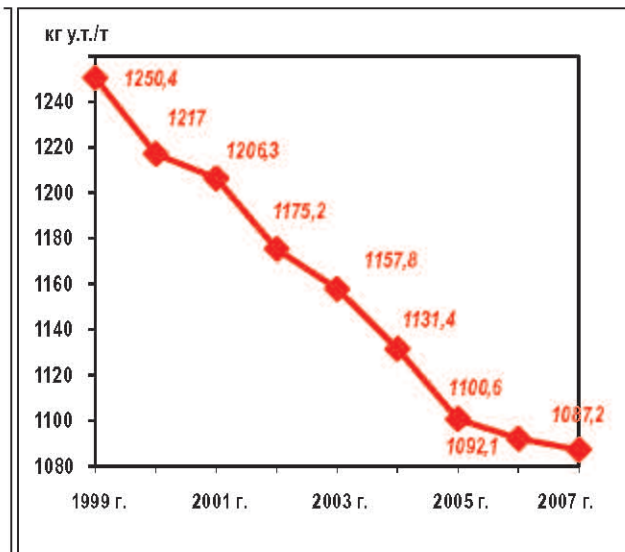


Рисунок 4 – Расход топлива в целом, отнесенный к 1 т чугуна

В доменном производстве – техническое переоснащение и строительство новых доменных печей.

В 2007 г. из 44 доменных печей (ДП), имеющих на металлургических предприятиях, в эксплуатации находилось 38, на которых произведено 35,6 млн т чугуна. 11 ДП подверглись капитальному ремонту с элементами технического переоснащения и модернизации, которые соответствуют современному техническому уровню: ДП 1 и ДП 2 ЗАО «Донецксталь – метзавод», ДП 2 и ДП 3 ОАО «Запорожсталь», ДП 8 и ДП 9 ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ДП 1 ОАО «Алчевский меткомбинат», ДП 5 ОАО «Енакиевский метзавод» и др.

На 2008–2012 гг. планируется провести капитальные ремонты с полным техническим переоснащением и модернизацией еще 11 ДП общим полезным объемом ~24,4 тыс. м³ и производством 17 млн т чугуна в год, что позволит снизить расход кокса на 700–800 тыс. т в год, а также практически отказаться от использования природного газа. Суммарное снижение расхода энергоресурсов составит около 900 тыс. т у.т.

Основными элементами технического переоснащения ДП являются:

- оптимизация конструкций ДП с увеличением полезных объемов и полной автоматизацией технологических процессов загрузки шихты и плавки;
- современная аспирационная система, включая крытые желоба для выпуска чугуна и шлака с установкой очистки газов в тканевых фильтрах и электрофильтрах;
- технология вдувания пылеугольного топлива (ПУТ);
- новые конструкции энергоэкономичных воздухонагревателей.

Технология вдувания ПУТ, разработанная НИПИМП «Гипросталь» для ДП 2 ОАО «Донецксталь – метзавод», эффективна по экономии кокса и природного газа. В перспективе на 2008–2012 гг. планируется внедрение 8 установок для вдувания ПУТ на доменных печах: ОАО «Запорожсталь», ОАО «Алчевский меткомбинат», ОАО «ММК им. Ильича» и др. При общих планируемых затратах 2,2–2,5 млрд грн срок окупаемости технологии вдувания ПУТ – около двух лет.

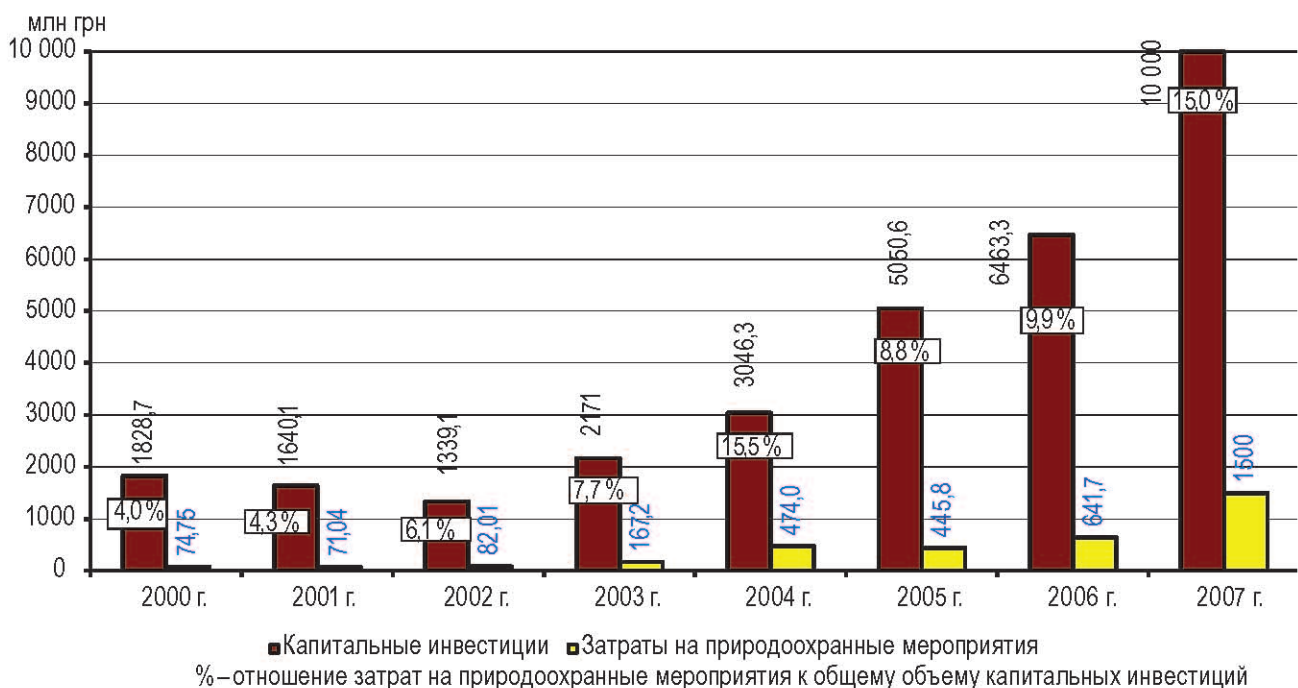


Рисунок 5 – Показатели освоения капитальных инвестиций в техпереоснащении металлургических предприятий (2000–2007 гг.)



3. В сталеплавильном производстве – совершенствование конвертерного и электросталеплавильного производства с увеличением объемов непрерывной разливки стали и выплавки стали в конвертерах и электропечах с выводом мартеновского производства из эксплуатации.

В 2007 г. металлургическими предприятиями было выплавлено 42,8 млн т стали: конвертерной – 51 % общего объема, мартеновской – 45,2 % и электростали – 3,8 %. На машинах непрерывной разливки стали (МНЛЗ) разлито 35 % общего объема производства стали.

По расчетам УкрГНТЦ «Энергосталь» замена мартеновских печей на кислородные конвертеры с одновременным внедрением МНЛЗ даст уменьшение сквозного расхода ТЭР на 160–170 кг у.т. на 1 т проката.

Сегодня в отрасли наметилась реальная перспектива по сокращению мартеновского производства стали.

В 2007 г. введен в эксплуатацию один конвертер кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) на ОАО «Алчевский меткомбинат», в 2008 г. будет пущен второй конвертер с общим объемом производства 6 млн т стали в год и начнется поэтапный вывод мартеновских печей. К 2012–2015 гг. будет построен ККЦ на ОАО «Запорожсталь». Начаты подготовительные работы по реконструкции ККЦ на комбинатах ОАО «ММК им. Ильича», ОАО «Днепропетровский меткомбинат им. Дзержинского» и др.

На 2008–2012 гг. программами техпереворужения металлургических предприятий намечено строительство шести сортовых и трех слябовых МНЛЗ с поэтапным выводом из эксплуатации блюмингов, слябингов и непрерывно заготовочных станов, что даст снижение энергозатрат до 30 кг у.т. на 1 т проката.

С вводом ККЦ на ОАО «Алчевский меткомбинат», ОАО «Запорожсталь» и выполнением мероприятий по реконструкции существующих ККЦ на других металлургических предприятиях объем производства конвертерной стали составит около 80 % производимой. Такой же объем стали (~80 %) будет разливаться на МНЛЗ.

4. В прокатном производстве – автоматизированные системы оптимального расхода топлива при нагреве слитков и заготовок, новые технологии проката, оптимальные тепловые режимы с использованием волокнистых теплоизоляционных материалов на нагревательных устройствах, новые технологии по получению, а в дальнейшем – переработке слитков с жидкой сердцевинной.

5. В энергетическом хозяйстве – техпереворужение кислородных цехов с вводом современных воздуходелительных установок (ВРУ) мировых лидеров в этом направлении (Германии, Франции, России).

За последние 3 года введены в эксплуатацию новые ВРУ: «Air Liquide» (Франция) – на ОАО «ММК им. Ильича», ОАО «МК «Азовсталь», ОАО «Запорожсталь», ОАО «Алчевский меткомбинат»; «Linde» (Германия) – на ОАО «Енакиевский метзавод»; «Балашиха» (Россия) – на ОАО «Алчевский меткомбинат», ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ОАО «Днепропетровский меткомбинат им. Дзержинского» и ОАО «Донецксталь – метзавод» и «Истил (Украина)». Ведется строительство новых ВРУ на ОАО «Алчевский меткомбинат», ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и др.:

- строительство новых электрогенерирующих мощностей (для повышения степени использования доменного, коксового и конвертерного газов). Введен в работу новый генератор мощностью 35 МВт и паровой котел на ОАО «Запорожсталь», ведется строительство двух парогазовых установок с электрогенераторами мощностью по 150 МВт на ОАО «Алчевский меткомбинат» и др.;
- установка преобразователей частоты на электроприводах тягодутьевых устройств, насосов, компрессоров и других устройствах, требующих регулирования производительности, числа оборотов, а также плавного пуска;
- внедрение автоматизированных систем технического контроля и учета расходов электроэнергии, природного газа, кислорода, сжатого воздуха, воды и других энергоносителей на базе микропроцессорной техники.

Вторым направлением работы по энергосбережению является утилизация вторичных топливных и тепловых ресурсов. Значительными резервами по использованию вторичных энергоресурсов (ВЭР) обладает агломерационное производство. При производстве агломерата без утилизации 50–60 % тепла теряется безвозвратно, в том числе с агломератом – 20–25 %, с отходящими газами – 9–12 %, с химическими и механическими недожогами топлива – 10–14 %, при охлаждении воздуха – 5–7 %, от излучения тепла кладкой горна и поверхностью спекаемого агломерата – 4–8 % [5].

В доменном производстве около 80 % ВЭР приходится на химическую энергию доменного газа, 20 % составляет физическая теплота остальных ВЭР (теплота чугуна, отходящих газов воздухонагревателей, теплота охлаждения печи, энергия избытка давления колошниковых газов).

В доменном газе доля негорючих составляющих колеблется в пределах 60–75 %. В связи с низкой теплотворной способностью использование доменного газа достигает 85–90 %. Использование других ВЭР в доменном производстве недостаточно эффективно. При избыточном давлении колошниковых газов применение на

ДП газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ) позволит выработать до 20 кВт · час электроэнергии на 1 т чугуна. Значительный экономический эффект можно получить при использовании тепла отходящих газов воздухонагревателей.

Доменный и коксовый газы, составляющие примерно 25 % общего расхода топлива на предприятиях с полным металлургическим циклом, применяются достаточно полно. Для получения пара в системах охлаждения конвертеров, работающих в режиме с дожиганием монооксида углерода, используется только тепловая энергия, практически нет ВЭР в ферросплавном производстве.

Тепловые ВЭР, при применении которых имеются еще значительные резервы, в сталеплавильном и прокатном производствах покрывают около 30 % всей потребности в теплоте отрасли. Мало используется тепло конвертерных и ферросплавных газов, пара, шлаков, воды, полностью не используется тепло проката.

По оценке японских специалистов, доля ВЭР в производстве энергии, необходимой для получения металлопродукции, может достигать 50–55 %.

Анализ теплового баланса работы дуговых печей показывает, что около 20 % энергии, введенной в печь, теряется с отходящими газами. Потери энергии состоят из физической теплоты газов (50–65 кВт·час/т) и химической теплоты, которая может быть получена при их дожигании.

При существующей энергоемкости металлургической продукции Украине трудно удерживаться на мировых рынках металла, поэтому в ближайшие годы необходимо:

- ускорить темпы технического перевооружения и модернизации, внедряя новейшие энергосберегающие технологии в доменном, сталеплавильном, прокатном производствах и энергетическом хозяйстве;
- системно заниматься проблемами энергосбережения путем решения вопросов производственного, технологического и организационного характера, введения четкого учета и контроля качества и количества расхода сырьевых ресурсов и ТЭР.

Успешная реализация двух основных направлений по энергосбережению, связанных с техперевооружением предприятий, а также использование ВЭР невозможны без третьего направления – системы энергоменеджмента.

Система энергетического менеджмента – часть общей системы менеджмента предприятия, которая включает организационную структуру планирования деятельности, распределения ответственности, реализации и совершенствования достигнутых результатов.

В Украине развитие системы энергоменеджмента сдерживается из-за отсутствия законодательных актов, устанавливающих правила ведения энергоменеджмента и определяющих экономические выгоды от реализации этих правил.

Необходима разработка стандарта «Положение о системе энергоменеджмента на промышленных предприятиях Украины», на основании которого будут разрабатываться соответствующие отраслевые «Положения о службе энергоменеджмента предприятия».

Принятый в 2007 г. Закон Украины «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины по стимулированию мероприятий по энергосбережению» и особенно та часть Закона, которая предусматривает введение Государственного реестра предприятий, учреждений, организаций, занимающихся разработкой, внедрением и использованием энергосберегающих мер и энергоэффективных проектов, позволяет осуществить переход к современному способу организации стимулирования энергосбережения – системе энергоменеджмента.

Для предприятий, вошедших в Государственный реестр по эффективному использованию ТЭР, следует разработать нормативно-правовые акты, позволяющие перейти от государственной системы контроля энергоэффективности путем ежегодного нормирования энергии на государственный контроль через систему энергоменеджмента.

Нормативно-правовые акты должны предусматривать наличие на предприятиях службы энергоменеджмента, государственную аттестацию энергоменеджеров, представление Национальному агентству по энергосбережению соответствующей ежегодной отчетности по выполнению программ по энергосбережению, проведение предприятиями энергоаудита, согласование норм удельного расхода энергии, контрольные проверки инспекцией (один раз в 3–5 лет), многоуровневую систему стимулирования при снижении энергозатрат для персонала предприятий.

В «Положении...» необходимо определить следующее: цель и задачи службы энергоменеджмента, ее подчиненность; бюджет службы, систему поощрения работников предприятия в экономии энергоресурсов; основные положения контракта с главным энергоменеджером и его заместителями; распределение полномочий между цехами и службами предприятия и службой энергоменеджмента.

Считаем, что такой подход к контролю повышения эффективности энергоиспользования на предприятиях, вошедших в Государственный реестр, был бы более действенным, нежели ныне существующий.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Кухта, В.П.** Программа энергосбережения должна непрерывно совершенствоваться [Текст] / В.П. Кухта // *Металл.* – 2001. – № 2. – С. 27–29.
2. **Сталинский, Д.В.** Резервы энергосбережения на предприятиях горно-металлургического комплекса, основные задачи и перспективы их реализации [Текст] / Д.В. Сталинский, В.А. Ботштейн, В.В. Лесовой // *Экология и промышленность* – 2006. – № 1. – С. 4–7.
3. **Кухта, В.П.** Неиспользованный резерв [Текст] / В.П. Кухта, В.В. Лесовой // *Металл.* – 2006. – № 4. – С. 8–13.
4. **Кухта, В.П.** Потребление электроэнергии и котельно-печного топлива металлургическими предприятиями с полным металлургическим циклом [Текст] В.П. Кухта, В.В. Лесовой, А.С. Козлов // *Экология и промышленность.* – 2006. – № 3. – С. 50–52.
5. **Демидик, В.Н.** Экономия энергии и использование отходов в черной металлургии [Текст] / В.Н. Демидик // *Энерготехнологии и ресурсосбережение.* – 2006. – № 6. – С. 41–46.

Запропоновано три напрямки щодо енергозбереження на металургійних підприємствах: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, ВЕР, енергоменеджмент. Технічне переозброєння аглофабрик, доменних печей та сталеплавильного виробництва здійснюється водночас з упровадженням ресурсозберігаючих технологій. Розвиток системи енергоменеджмента сприятиме контролю підвищення ефективності енерговикористання.

The article gives three directions on energy-saving activity at the metallurgical enterprises, namely: increase of fuel and energy resources efficiency, use of secondary energy resources, energymanagement. Modernization of sintering plant, blast furnaces and steel-melting shops is carried out with introducing resource-saving technologies. Development of energymanagement system will result in increasing energy resources efficiency.

Поступила в редакцию 03.03.2008