Р 50—605—100—94

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА КОТЕЛЬНО-ПЕЧНОГО ТОПЛИВА

Издание официальное

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации (ВНИИстандарт) Госстандарта России с участием рабочей группы специалистов Института экономики ЦНИИчермета

РАЗРАБОТЧИКИ

Е. В. Пашков, канд. техн. наук; М. Б. Плущевский; Н. А. Мельник; В. Н. Шварц

2 УТВЕРЖДЕНЫ Приказом от 10.06.94 № 29 директора ВНИИстандарт

3 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 1995

СОДЕРЖАНИЕ

Введение IV

1 Область применения 1

2 Общие положения о состоянии топливоиспользования в черной металлургии. Существующее положение по энергосбережению в отрасли . . 1

3 Основные технологические мероприятия по снижению расхода котельно-печного топлива 5

4 Оценка эффективности энергосбережения в черной металлургии в результате проведенных мероприятий 11

5 Прогнозируемые направления совершенствования структуры топливного баланса отрасли с учетом намечаемых технических мероприятий 13

6 Заключение 16

Приложение А Основные направления и показатели эффективности использования топлива в основных производствах черной металлургии за рубежом 17

Приложение Б Перечень действующих стандартов на металлургическое оборудование, регламентирующих нормативы расхода энергии . . . 21

ВВЕДЕНИЕ

Черная металлургия России, обладая мощным производственным потенциалом, позволяющим в основном устойчиво обеспечивать народное хозяйство всеми видами металлопродукции, относится к наиболее энергоемким отраслям промышленности и потребляет более 7,0% топлива и более 10% электроэнергии, расходуемых народным хозяйством России. Повышение эффективности использования топлива и энергии с целью снижения энергоемкости металлургической промышленности является непременным условием роста эффективности работы отрасли и увеличения рентабельности производства.

Эффективность энергопотребления характеризуется удельным расходом топлива и электроэнергии на производство 1 т продукции отрасли. Развитие черной металлургии характеризуется тенденцией постоянного снижения расхода топлива на единицу продукции. Главное воздействие при этом оказывает технический уровень производства и масштаб использования новых энергосберегающих технологий. За последнее десятилетие в черной металлургии всех стран получили широкое применение такие энергосберегающие технологии, как непрерывная разливка стали, внепечная обработка жидкого металла, непрерывные процессы прокатки и отделки продукции. На экономию топлива влияет также увеличение использования вторичных тепловых энергоресурсов— внедрение теплоутилизационных установок.

Черная металлургия России по темпам прироста использования энергосберегающих технологий отстает от других стран, поэтому и темпы снижения энергоемкости здесь ниже, чем в Японии или США.

Кроме технического уровня производства, на эффективность энергопотребления влияют внешние для отрасли факторы: цены на энергоносители и доступность источников снабжения топливом.

Следует отметить, что за последние годы в отрасли были разработаны энергосберегающие программы, которые, однако, не были выполнены в полном объеме из-за отсутствия выделенных для отрасли достаточных капиталовложений и ресурсов оборудования.

Уровень износа основных производственных фондов в отрасли в настоящее время составляет более 45%, а машин и оборудования — около 60%. Сверхнормативный срок службы имеют 85% мартеновских печей, 60% электросталеплавильных и 55% ферросплавных печей, 55,5% доменных печей, 74,4% станов горячей и 44% холодной прокатки. Поэтому осуществлять энергосберегающие технологии на таком изношенном оборудовании крайне слож-

но. Необходима коренная реконструкция отрасли с заменой старых технологий и оборудования на новые, энергосберегающие. При проектировании новых (реконструируемых) предприятий, цехов и внедрении новых технологий необходимо проводить расчеты энергоемкости продукции, которая должна соответствовать лучшим отечественным и зарубежным аналогам.

Концентрируя мероприятия по энергосбережению в черной металлургии, настоящие рекомендации не рассматривают эффекты перераспределения энергобаланса между топливом и энергией, не содержат также анализа мер экономического характера по стимулированию энергосбережения в черной металлургии, т. к. это объекты других нормативных документов.

В то же время любому предприятию (объединению), заводу, имеющим отношение к разработке, внедрению (освоению) или использованию технологических процессов в черной металлургии, рекомендуется ознакомиться с настоящим документом, включающим разнообразные энергосберегающие технологические мероприятия по снижению расхода котельно-печного топлива с учетом накопленного в стране и за рубежом опыта работы в проблемной области.

Р 50—605—100—94

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Энергосбережение

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Технологические мероприятия по снижению расхода котельно-печного топлива

Energy conservation. Base directions of energy conservation in ferrous metallurgy. Technology procedure for reduction of boiler-furnace fuel consumption

Дата введения 1995—01—01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящие рекомендации устанавливают эффективные освоенные и прогнозируемые мероприятия по энергосбережению, оцениваемые с помощью показателей экономии котельно-печного топлива, дающих конкретное (пооперационное) представление о расходе топлива и потенциале экономии удельных затрат топлива применительно к основным технологическим процессам в черной металлургии: производству агломерата и окатышей, коксохимическому, доменному, сталеплавильному, прокатному и трубопрокатному видам производства.

1.2 Настоящие рекомендации дают представление о современном состоянии потребления котельно-печного топлива в процессах черной металлургии в стране и за рубежом с ориентацией на энергосбережение.

1.3 Настоящие рекомендации предназначены для всех предприятий и организаций, расположенных на территории Российской Федерации, независимо от форм собственности.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О СОСТОЯНИИ ТОПЛИВОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ. СУЩЕСТВУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ОТРАСЛИ

Черная металлургия потребляет пятнадцать различных видов топлива. Характерной особенностью топливного баланса отрасли является то, что более 50% топлива представляют собой отходы технологических процессов (коксовая продукция, коксовый и доменный газы, ферросплавный газ, промпродукт). В 1990 г. доля привозных видов топлива (уголь, мазут, природный газ) в топливном балансе отрасли составила 41,8%.

В табл. 1 показана структура топливного баланса черной металлургии России за 1985—1990 гг.

Таблица 1 — Структура топливного баланса за 1985—1990 гг.

Вид топлива	Объем потребления, тыс. т у.т./%	
	1985 г.	1990 г.
Уголь (энергетический)	2114,2/2,3	2103,8/2,2
Кокс	27719,7/30,0	28295,6/30,0
Коксовая мелочь	3491,0/3,8	3514,3/3,7
Коксик (коксовый орех)	453,7/0,5	408,7/0,4
Природный газ	30873,3/33,4	33379,7/35,4
Коксовый газ	9286,3/10,1	9427,5/10,0
Доменный газ	12604,9/13,6	12301,2/13,1
Мазут	4726,4,5,1	3991,7/4,2
Промпродукт	448,2/0,5	322,1/0,3
Прочие виды топлива	631,9/0,7	486,2/0,7
Итого, топлива	92349,7/100,0	94235,8/100,0

Как видно из приведенных данных, наибольшую долю в топливном балансе занимают природный газ (35,4%) и кокс (30,0%), причем расход природного газа за последние годы возрастал из-за снижения выхода коксового и доменного газов в связи с сокращением производства чугуна. Отрасль сокращала потребление такого дефицитного топлива, как мазут, вследствие газификации металлургических предприятий и сокращения производства мартеновской стали - основного потребителя мазута.

В табл. 2 показана структура расхода топлива основными производствами черной металлургии.

Таблица 2 — Структура расхода топлива по основным производствам отрасли за период 1985—1990 гг.

Вид производства	Расход топлива			
	1985 г.		1990 г.	
	тыс. т у. т.	%	тыс. т у. т.	%
Производство агломерата	4589,1	5,0	4318,0	4,6
Производство окатышей	859,1	0,9	811,0	0,9
Производство чугуна	34665,6	37,5	34409,1	36,5
Обогрев кауперов	4766,0	5,2	4616,8	4,9
Обогрев коксовых батарей	4774,6	5,2	4535,7	4,8

Продолжение таблицы 2

Вид производства	Расход топлива			
	1985 г.		1990 г.	
	тыс. т у т.	%	тыс. т у.т.	%
Производство мартеновской стали	6405,0	6,9	5936,2	6,3
Производство конвертерной стали	243,1	0,3	345,0	0,4
Производство электростали	199,7	0,2	261,0	0,3
Производство проката	8153,6	8,8	8357,2	8,9
Производство труб	1006,9	1,1	945,1	1,0
Энергонужды	17557,7	19,0	18917,7	20,0
Прочие нужды	9129,3	9,9	10782,0	11,4
Итого:	92349,7	100,0	94235,8	100,0

Как видно из табл. 2, основным топливоемким производством в отрасли является производство чугуна, где потребляется до 90 % дорогостоящего кокса, расходуемого отраслью. Поэтому очень важно осуществлять энергосбережение, в первую очередь в доменном производстве. В остальных технологических производствах экономится в основном природный газ (при осуществлении энергосберегающих мероприятий), за исключением мартеновского производства, где вывод из эксплуатации мартеновских печей и замена их электросталеплавильными или конвертерными печами позволяет экономить жидкое топливо — мазут и в небольшом количестве другие виды топлива.

Таблица 3 — Удельный расход топлива на основные виды продукции в период 1985—1990 гг.

Вид продукции	Удельный расход топлива, кг у т /т	
	1985 г.	1990 г.
Чугун	603,8	580,7
Агломерат	61,2	60,8
Окатыши	30,1	26,0
Сталь мартеновская	137,2	134,0
Прокат	121,2	122,7
Трубы стальные	94,2	84,1
Обогрев кауперов	83,6	77,9
Обогрев коксовых батарей	93,6	94,7

За последние годы удельные расходы топлива на основные виды продукции черной металлургии России неуклонно снижались, что говорит об эффективности использования топлива в отраслях. В табл. 3 показано изменение удельных расходов топлива на основные виды продукции за период 1985—1990 гг.

Экономия энергоресурсов достигнута за счет:

— улучшения режима эксплуатации действующего оборудования;

— проведения энергосберегающих организационно-технических мероприятий;

— технического перевооружения и модернизации процессов и оборудования и внедрения новых энергосберегающих технологий;

— сокращения потерь и увеличения степени использования вторичных энергоресурсов.

Эти направления характерны для черной металлургии всех стран, но существенно различаются по степени их использования. Интенсивность энергосбережения в отрасли по России недостаточна вследствие таких факторов, как:

— крайне низкие темпы технического переоснащения отрасли;

— медленное внедрение новых энергосберегающих технологий и оборудования;

— слабая оснащенность отрасли современными средствами регулирования, контроля и учета расхода топлива и энергии;

— отсутствие у предприятий экономических стимулов к энергосбережению;

— низкие цены (действовавшие до 1992 г.) на энергоносители, что делало мероприятия по экономии для предприятий часто нерентабельными.

Таблица 4 — Удельный расход топлива по видам производства в США, Японии, ФРГ

Вид производства	Удельный расход топлива, кг у.т./т		
	США	Япония	ФРГ
Производство агломерата	74,0	46,5	64,8
Обогрев коксовых батарей (в расчете на 1 т угольной шихты)	135,0	81,0	97,6
Нагрев рекуператоров (в расчете на 1 т чугуна)	85,3	52,4	72,8
Производство чугуна	556,3	506,0	512,4
в т.ч. расход кокса, кг/т	500	463	465
Производство мартеновской стали	134,6	—	—
Производство проката	128,1	47,0	90,2

Для сравнения в табл. 4 приведен удельный расход топлива на производство некоторых видов металлургической продукции по ряду зарубежных стран за 1989 г. (по расчетам, проведенным Институтом экономики черной металлургии)

Направления и показатели эффективности использования топлива в основных производствах черной металлургии за рубежом приведены в приложении А.

3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА КОТЕЛЬНО-ПЕЧНОГО ТОПЛИВА

Несмотря на достигнутые в стране успехи в экономии топливно-энергетических ресурсов за последние годы снижение норм удельных расходов топлива на основные виды продукции замедлилось, а за 1991 г. и первое полугодие 1992 г. фактические расходы даже увеличились.

Основными причинами перерасхода топлива являются:

— нарушение технологической дисциплины и режимов энергопотребления;

— неритмичная поставка сырья и снижение объемов производства основных видов металлургической продукции;

— сверхнормативные горячие простои металлургических печей и агрегатов;

— нарушение графика ремонта и увеличение аварийности оборудования;

— недостаточная реализация энергосберегающих мероприятий;

— неудовлетворительный контроль за расходованием энергоресурсов (в том числе из-за слабого внедрения систем автоматического управления (САУ);

— пренебрежение предприятиями задачей экономии энергоресурсов.

В металлургии есть достаточные резервы для более эффективной экономии топлива. Намеченный на перспективу технический прогресс отрасли, сопровождающийся модернизацией металлургического производства, изменением структуры сталеплавильного производства, внедрением энергосберегающих технологий и оборудования, позволит снизить энергоемкость металлургической продукции и расход топлива в черной металлургии.

Необходимые мероприятия по энергосбережению должны разрабатываться по трем основным направлениям:

— экономия топлива в самом металлургическом агрегате;

— создание энергосберегающих технологий и оборудования, автоматизация тепловых процессов;

— максимальное использование тепловых и горючих вторичных энергоресурсов.

Для энергоемкого оборудования важным является удельный показатель потребления топлива, определяемый как расход, отнесенный к производительности.

К перспективным следует отнести работы по стандартизации нормативов расхода топлива для энергоемкого оборудования и технологических процессов. До настоящего времени разработка и внедрение стандартов, регламентирующих нормативы — предельные значения удельного расхода топлива, не получили заметного развития (перечень действующих стандартов в этой области см. в приложении Б).

Ниже представлены технологические мероприятия по снижению расхода котельно-печного топлива в основных производствах черной металлургии. Рассмотренные мероприятия прошли промышленное и полупромышленное опробирование.

3.1 Производство агломерата

Основные мероприятия, направленные на экономию топлива, связаны с модернизацией оборудования агломерационных фабрик и совершенствованием технологии производства агломерата:

— увеличение слоя спекаемой шихты от 240 до 450 мм с установкой высоконапорных нагнетателей типов 12000-П-1 и 13000-П-1;

— применение технологии накатывания тонкоизмельченного твердого топлива (до 0,5 мм) на гранулы окомкованной шихты;

— использование тепла охлаждения агломерата для подогрева шихты и отвод воздуха от головной части линейного охладителя агломерата для подачи его в горн с установкой высоконапорных дымососов;

— комбинированный нагрев шихты;

— реконструкция агломашин АМК-312 с увеличением площади спекания и ликвидацией узла грохочения горячего агломерата и реконструкцией загрузочного узла охлаждения ОП-315 с укладкой кусков агломерата максимального размера в нижнюю часть слоя;

— ввод извести в шихту взамен известняка;

— рециркуляция газов в тракте агломашин (до 50% отходящих газов) с подачей рециркулята в слой спекаемой шихты и одновременным увлажнением;

— замена коксовой мелочи другими видами топлива (с учетом действующих цен и изменением их в перспективе);

— реализация работы агломашин АКМ-312 при однослойной загрузке шихты (экономия твердого топлива 3—5%);

— реализация усовершенствованной системы загрузки шихты на агломашину (экономия твердого топлива 2—3%).

3.2 Производство окатышей

Экономию топлива возможно получить путем совершенствования технологии производства окатышей и реконструкции оборудования за счет:

— совершенствования машин ОК-306, а также ввода обжиговых машин с площадью спекания 520 м² (вместо 306 м²). Последнее потребует установки высоконапорных дымососов со сменными сопатками для ОК-306 — 1,0 млн. м³/ч; 520 м² — 1,5 млн. м³/ч;

— совершенствования технологии и тепловых схем обжига окатышей (интенсификация процессов сушки и обжига, использование комбинированного способа обжига окатышей со сжиганием газа над слоем и в слое окатышей, применение эффективных горелочных устройств и пр.);

— увеличения степени рециркуляции газов из зоны охлаждения для сушки;

— увеличения высоты спекаемого слоя с установкой высоконапорных нагнетателей;

— совершенствования тепловых схем обжига окатышей с оптимизацией конструктивных элементов газовоздушных трактов и параметров работы тяго-дутьевого оборудования (до 10 кг у.т./т — ОК-108, 3 кг у.т./т — ОК-306);

— оптимизации состава гранул, высоты слоя и диаметра окатышей (2,5 кг у.т./т);

— реализации систем отопления на основе инжекционных горелок с использованием высокотемпературного воздуха (экономия топлива до 10%);

— реализации высокоинтенсивных режимов обжига (термоциклические режимы, комбинированный обжиг со сжиганием газообразного и пылеугольного топлива над слоем и в слое окатышей), экономия топлива до 3%;

— автоматизации процессов подготовки сырья на основе математического описания и применения УВМ и микропроцессоров (экономия топлива до 3,5%).

В производстве окатышей экономится природный газ и мазут.

3.3 Коксохимическое производство

Основным мероприятием, способствующим экономии топлива в коксохимическом производстве, является реконструкция и замена устаревших коксовых батарей на новые. В настоящее время не более 10% коксовых батарей соответствует современному уровню.

Снижению расхода топлива будет способствовать также:

— внедрение процесса термической обработки шихты;

— обеспечение оптимального соотношения «газ — воздух» в отопительной системе коксовых печей.

Следует заметить, что освоение в производстве новых процессов коксования, таких как частичное брикетирование угольной шихты перед коксованием, избирательное дробление и тромбование угольной шихты, производство формованного кокса, не приведет к экономии топлива, а лишь позволит заменить дорогостоящие и дефицитные коксующиеся угли на слабоспекающиеся (газовые) угли.

3.4 Доменное производство

Доменный процесс является наиболее топливоемким (см. таблицу 2) в черной металлургии, поэтому вопросам энергосбережения в этом процессе уделяется самое большое внимание, особенно снижению удельного расхода дорогостоящего кокса. Экономию кокса возможно получить в основном за счет расширения масштабов применения традиционных методов совершенствования техники и технологии доменного производства. Главные из них следующие:

— улучшение качества шихтовых материалов (повышение содержания железа в шихте, снижение содержания мелочи в агломерате (фракции 0—5 мм), увеличение доли окускованных материалов в железорудной части шихты, снижение расхода сырого известняка);

— совершенствование параметров доменной плавки (повышение температуры дутья, повышение давления газа на колошнике, снижение влажности дутья);

— частичная замена кокса другими энергоносителями (природный газ, угольная пыль);

— внедрение нового оборудования (бесконусные засыпные аппараты, подвижные колошниковые плиты);

— внедрение АСУ доменной плавки и автоматического регулирования загрузки шихты.

Экономия кокса в доменном производстве (в натуре — в килограммах и процентах) показана в табл. 5.

Такая мера, как значительное повышение содержания железа в шихте, потребует коренной реконструкции и даже строительства новых обогатительных фабрик; увеличение температуры дутья — новых температуростойких огнеупоров; внедрение пылеуловительного топлива (ПУТ) — дорогостоящих установок для вдувания пыли — и ряда экологических мероприятий.

3.5 Сталеплавильное производство

Значительную экономию топлива в сталеплавильном производ-

стве возможно получить за счет совершенствования структуры выплавки стали — замены мартеновского производства (вывод мартеновских печей) электросталеплавильным и конверторным. Удельный расход топлива на мартеновский процесс составляет 134 кг у.г./т, в то время как в конверторном — 8—15 кг у.т./т, в электроплавильном — 30 кг у.т./т, поскольку здесь топливо расходуется не на сам процесс, а только на сушку и разогрев сталеразливочных ковшей, изложниц и футеровки. Поэтому в сталеплавильном производстве удельных показателей экономии топлива нет, а учитывается суммарная экономия от вывода мартеновских печей. К основным мероприятиям экономии топлива в сталеплавильном производстве относится внедрение непрерывной разливки стали.

Внедрение машин непрерывного литья должно сопровождаться учетом следующих тенденций, сложившихся в мировой практике:

— перестраивание кристаллизатора;

— увеличение частоты качания кристаллизатора до 400 цикл./мин;

— переход на воздушное и водовоздушное охлаждение под кристаллизатором;

— обеспечение нескольких точек разгиба и малой высоты машин;

— высокая степень автоматизации;

— экранирование затвердевшего слитка изоляционными панелями.

Кроме того, необходимо создавать новые агрегаты — машины непрерывного литья продукции, близкой по размерам к готовой продукции, среди них такие, как:

— литье тонких слябов толщиной 5—10 мм с деформацией слитка с жидким ядром;

— литье полос толщиной 5—10 мм на машинах с движущимся кристаллизатором.

3.6 Прокатное и трубопрокатное производство

Одним из основных направлений экономии топлива является производство непрерывнолитых слябов и заготовок, которое составило в 1990 г. 20,5 млн. т (или около 18% всего производства стали). При этом устраняется нагрев слитков в нагревательных колодцах.

Эффективными методами экономии топлива являются следующие новые технологии:

— оптимизация температурно-тепловых режимов работы нагревательных печей в зависимости от производительности стана,

марочного состава стали и геометрии нагреваемых заготовок (15 кг у.т./т);

— герметизация печей, применение новых конструкций заслонок на окнах посада и выдачи (0,3—1,1 кг/т);

— сооружение экранирующих стенок в борове нагревательного колодца (0,5 кг/т);

— внедрение эффективной двухслойной изоляции подовых труб сроком службы не менее 2 лет (10 кг у.т./т);

— применение на трубах высоких «горячих» рейтеров и замена монолитной подины толкательных печей в томильной зоне на подовые трубы с рейтерами данной конструкции (3 кг у.т./т);

— использование новых систем отопления, таких как регенеративные горелочные блоки, позволяющие получить подогрев воздуха до температур 1000—1100°С и снизить температуру уходящих газов до 170—250°С, а также использование рекуперативных горелок с температурой подогрева воздуха до 200°С (20—40 кг у.т./т);

— внедрение на печах и нагревательных колодцах металлических трубчатых и струйных рекуператоров с температурой подогрева воздуха не менее 500°С (15 кг у.т./т);

— снижение температуры нагрева металла в зависимости от допустимых нагрузок на валки и допустимой жесткости клетей (13—15 кг у.т./т);

— нагрев в колодцах слитков с большим содержанием жидкой фазы, когда колодец используется не как нагревательное устройство, а как термостат (12—18 кг у.т./т);

— организация горячего и теплого посада заготовок в печи при любых возможных температурах;

— сжигание топлива с минимальным избытком воздуха (1,05), контроль за содержанием кислорода в продуктах сгорания (4 кг у.т./т);

— экранирование транспортных рольгангов теплоизоляционными панелями (3 кг у.т./т);

— внедрение контролируемой прокатки;

— внедрение АСУ тепловыми режимами работы нагревательных печей (3 кг у.т./т);

— создание совмещенных агрегатов МНЛЗ — печь — стан, транзитная прокатка (20—40 кг у.т./т);

— удлинение проходных печей за счет увеличения методической зоны (3—8 кг у.т./т).

Кроме рассмотренных выше энергосберегающих технологических мероприятий в основных производствах отрасли, потребляющих около 70% котельно-печного топлива в топливном балансе черной металлургии, экономию топлива (примерно 15—20%)

можно получить за счет увеличения использования вторичных тепловых энергоресурсов путем сооружения теплоутилизационных установок (ТУУ) в каждом производстве отрасли и в результате коренной реконструкции и ввода нового теплоэнергетического оборудования, которое используется для выработки энергетической продукции (электроэнергии, сжатого воздуха, доменного дутья, теплоэнергии).

4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОВЕДЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

В табл. 5 приведены значения удельной экономии топлива (на 1 т продукции) или в процентах экономии от внедрения конкретного мероприятия.

Таблица 5 — Потенциальная экономия топлива по основным видам производства и мероприятиям

Основные энергосберегающие технологические процессы, оборудование и мероприятия	Потенциальная экономия топлива (сокращение удельных затрат)
Производство агломерата	
Увеличение высоты спекаемого слоя (с учетом специфики производства)	2—5 кг у.т./т
Накатывание тонкоизмельченного твердого топлива на гранулы окомкованной шихты	5—7%
Использование горячего воздуха после охлаждения агломерата	5 кг у.т./т
Комбинированный нагрев шихты	2 кг у.т./т
Ввод извести в шихту взамен известняка (на 10 кг известняка)	1 кг у.т./т
Реконструкция агломашины АКМ-312	До 6 кг у.т./т
Производство окатышей	
Реконструкция обжиговых машин на современные ОК-520	8—10 кг у.т./т
Совершенствование технологии и тепловых схем обжига окатышей	3—10 кг у.т./т
Увеличение степени рециркуляции газов из зоны охлаждения для целей сушки	15—20% (всего потребления в процессе)
Увеличение высоты спекаемого слоя (с учетом специфики производства)	4—5% (топлива на каждые 100 мм увеличения толщины слоя)
Оптимизация грансостава, высоты слоя и диаметра окатышей	2—3 кг у.т./т
Реализация систем подогрева на основе инжекционных горелок	До 10% топлива

Продолжение таблицы 5

Основные энергосберегающие технологические процессы, оборудование и мероприятия	Потенциальная экономия топлива (сокращение удельных затрат)
Реализация высокоинтенсивных режимов обжига	До 3% топлива
Автоматизация управления технологическими процессами	До 3% топлива
Коксохимическое производство	
Реконструкция (вывод и ввод) коксовых батарей	10 кг у.т./т
Термическая подготовка шихты	5 кг у.т./т
Обеспечение оптимального соотношения «газ — воздух» в отопительной системе коксовых печей	1—1% (экономия кокса)
Сталеплавильное производство	
Замена мартеновского производства конвертерным и электросталеплавильным	
Внедрение непрерывной разливки стали (с учетом увеличения выхода годного металла по сравнению с изложницами)	35—40 кг у.т./т
Доменное производство	
Увеличение содержания железа в железорудной части шихты (на 1%)	1,2%
Увеличение доли окускованных материалов в железорудной части шихты (на 1%)	0,25%
Снижение доли мелочи в агломерационной шихте (на 1%)	0,5%
Повышение температуры дутья (на 10°С)	0,2%
Повышение давления газа на колошнике (на 0,01 МПа)	0,3%
Вывод сырых флюсов (на 10 кг извести)	0,5%
Снижение влажности дутья (на 10 г/м³)	2,0%
Частичная замена кокса (другими энергоносителями) на	
природный газ (на 10 м³/т)	1,8%
пылеугольное топливо (на 10 кг/т)	6,0 кг/т
Применение бесконусных засыпных аппаратов (БЗУ)	2% на данной печи
Внедрение подвижных колошниковых плит для регулирования газового потока	5—7 кг/т на данной печи
Внедрение радиально-распределительных колец	3—5 кг/т на данной печи
Утилизация тепла дымовых газов воздухонагревателей	4—6 кг у.т./т
Автоматизация и оптимизация режима работы доменных воздухонагревателей	До 4% расхода отопительного газа

Окончание таблицы 5

Основные энергосберегающие технологические процессы, оборудование и мероприятия	Потенциальная экономия топлива (сокращение удельных затрат)
Прокатное и трубопрокатное производства	
Организация прямой прокатки непрерывнолитых слябов	40 кг у.т./т
Горячий посад с МНЛЗ в нагревательные печи температурой не ниже 900°С	30—40 кг у.т./т
Контролируемая прокатка	До 70 кг у.т./т
Снижение температуры нагрева металла на 30°С	3—5 кг у.т./т
Горячий посад металла в нагревательные печи листовых станов от обжимного стана	10 кг у.т./т
Высокотемпературный подогрев воздуха в рекуператорах (на каждые 100°С повышения температуры)	4—5 кг у.т./т
Оптимизация режимов нагрева и термической обработки металла, внедрение АСУ	10—12 кг у.т./т
Применение высокоэффективной теплоизоляции стен и сводов нагревательных печей	2—4 кг у.т./т
То же, подовых труб	9—14 кг у.т./т
Замена толкательных печей на печи с шагающим подом или с шагающими балками	15—20 кг у.т./т

5 ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА ОТРАСЛИ С УЧЕТОМ НАМЕЧАЕМЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Совершенствование структуры металлургического производства, снижение объемов производства топливоемких видов продукции, внедрение реальных энергосберегающих процессов и оборудования позволяют сократить к 1995 г. потребление котельно-печного топлива в черной металлургии до 89,5 млн. т у.т. против 94,236 в 1991 г. (на 5%). Предполагаемый расход топлива на основные виды продукции в 1995 г представлен в табл. 6.

Таблица 6 — Предполагаемый расход топлива в 1995 г. на основные виды продукции

Вид продукции	Расход топлива	
	тыс. т у.т.	%
Агломерат	3558,0	4,0
Окатыши	841,0	0,9

Окончание таблицы 6

Вид продукции	Расход топлива	
	тыс. т у.т.	%
Чугун	31293,0	35,0
Обогрев кауперов	4282,0	4,8
Обогрев коксовых батарей	4370,0	4,9
Сталь мартеновская	5612,0	6,3
Сталь конвертерная	450,0	0,5
Электросталь	429,0	0,5
Прокат	8015,0	8,9
Трубы	982,0	1,1
Энергонужды	18600,0	20,8
Прочие нужды	11068,0	12,9
ИТОГО:	89500,0	100,0

Наибольшее снижение расхода топлива — 3,1 млн. т у.т. (кокса) — ожидается в доменном производстве в результате сокращения выплавки чугуна и внедрения ряда энергосберегающих мероприятий (технологий), влияющих на снижение удельного расхода кокса на 1 т чугуна. Снизится расход топлива в агломерационном производстве — на 0,7 млн. т у.т. (за счет сокращения объема производства и внедрения энергосберегающих мероприятий), в мартеновском производстве — на 0,3 млн. т у. т. (вследствие вывода мартеновских печей из эксплуатации) объем вывода и в прокатном производстве — на 0,35 млн. т у. т. (в результате внедрения энергосберегающих мероприятий).

К 1995 г. возрастет расход топлива на производство окатышей, труб, конвертерной стали и электростали.

В целом на перспективу, как и прежде, наиболее топливоемкими останутся: доменное производство, энергонужды и производство проката. Увеличится доля расхода топлива на прочие нужды: производство металлизованных окатышей, термообработку, производство извести, метизов.

От 2 до 5% сократится удельный расход топлива на основные виды продукции к 1995 г. по сравнению с 1990 г. Удельные расходы топлива на основные виды продукции отрасли в 1995 г. составят, кг у.т./т:

Чугун	570,0	
Агломерат	59,0	
Окатыши	25,8	
Сталь мартеновская	141,4	(увеличение удельного расхода топлива здесь явится следствием вывода двухванных агрегатов с малым расходом топлива)
Прокат	116,8	
Трубы стальные	65,0	
Обогрев каупероп	78,0	
Обогрев коксовых печей	92,4	

При общем снижении расхода всего топлива к 1995 г. значительно сократится использование дефицитных видов топлива по сравнению с 1990 г.: мазута с 3,99 до 3,28 млн. т у.т.; коксовой продукции с 32,218 до 28,22 млн. т у.т. (в т. ч. кокса с 28,295 до 25,2 млн. т у.т). Снизится также потребление доменного газа (с 12,3 до 11,05 млн. т у.т.) и коксового газа (с 9,427 до 8,3 млн. т у.т.) в связи с уменьшением их выхода в результате сокращения объемов производства чугуна и кокса. Абсолютное потребление природного газа также снизится примерно на 230 тыс. у. т., хотя доля его потребления в топливном балансе отрасли к 1995 г. увеличится до 39,2% против 35,4% в 1990 г.

К 1995 г. значительно возрастет потребление энергетического угля (на 38,0%), главным образом в связи с намечаемым объемом вдувания пылеугольного топлива в доменные печи.

Изменение структуры топливного баланса отрасли показано в табл. 7.

Таблица 7 — Структура топливного баланса за 1990—1995 гг

Вид топлива	Объем потребления топлива, тыс. т у т /%	
	1990 г	1995 г
Уголь	2108,8/2,24	2900/3,2
Мазут	3991,7/4,24	3280/3,7
Природный газ	33379,7/35,42	35130/39,2
Доменный газ	12301,2/13,05	11050/12,3
Коксовый газ	9427,5 10,0	8300/9,3
Коксовая продукция	32218,6/34,19	28220/31,6
в т. ч.: кокс	28295,6/30,03	25200/28,2
коксовая мелочь	3514,3 3,73	2770/3,1
коксик	408,7/0,43	250/0,3
Ферросплавный газ	80,0/0,08	88/0,1
Конвертерный газ	—	—

Окончание таблицы 7

Вид топлива	Объем потребления топлива, тыс. т у.т./%	
	1990 г.	1995 г.
Промпродукт	322,1/0,34	202/0,2
Прочие виды топлива	405,4/0,44	330/0,4
ВСЕГО потребность в топливе	94235,8/100,0	89500/100,0

К 1995 г более половины своей потребности в топливе отрасль должна покрывать, как и прежде, за счет собственных энергоресурсов.

По предварительным расчетам, экономия топлива в черной металлургии за период 1991—1995 гг. в результате внедрения реальных энергосберегающих технологий и оборудования в основных производствах отрасли может составить 4,3 млн т у.т. (5% суммарной потребности черной металлургии России в 1995 г.).

6 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные удельные показатели экономии топлива на 1 т продукции при внедрении энергосберегающих мероприятий в основных производствах черной металлургии помогут потенциальным потребителям (эксплуатационникам и проектировщикам предприятий черной металлургии) при выборе новой энергосберегающей технологии и составлении плана мероприятий по энергосбережению на перспективу.

Для получения более полной картины ожидаемой экономии топлива в черной металлургии на перспективу необходимо продолжить работу с привлечением технологических институтов отрасли и разработать полную программу по энергосбережению в черной металлургии, указав металлургические предприятия, объем внедрения энергосберегающего мероприятия, получаемую экономию, необходимое оборудование и капитальные вложения для осуществления данного мероприятия. Необходимо выявить перспективные НИР и ОКР, которые должны быть проведены, чтобы обеспечить экономию топлива в черной металлургии.

В числе прочих предлагается провести работу по инвентаризации действующего теплотехнического оборудования.

Целесообразно развивать в рамках специальной программы работы по разработке стандартов на теплотехническое оборудо-

вание, регламентирующих нормативы расхода топлива и энергии, в частности, на:

— агломерационные машины;
— обжиговые машины для производства окатышей;
— коксовые батареи;
— нагревательные печи;
— термические печи;
— горелки.

Для проведения работ по стандартизации целесообразно шире привлечь отраслевые и подотраслевые проектные и научно-исследовательские организации.

Необходима разработка методик оценки технико-экономической эффективности предлагаемых мероприятий, разработка мер экономического стимулирования создания и внедрения ресурсосберегающих технологий в металлургии.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВА В ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ЗА РУБЕЖОМ

На эффективность использования топлива и энергии в черной металлургии зарубежных стран основное влияние оказывают следующие факторы:

— переход на энергосберегающие технологии;
— повышение производительности агрегатов и снижение материалоемкости продукции;
— повышение уровня организации производственных процессов,
— совершенствование энергетического оборудования для предприятий черной металлургии;
— снижение всех видов энергетических потерь и увеличение степеней использования вторичных энергоресурсов.

1) Агломерационное производство

Снижение расхода топлива достигнуто за счет таких мер, как:

— подготовка шихты к спеканию: автоматизация операций усреднения, дозирования, укладки шихты (позволяет регулировать среднее содержание железа в пределах ±0,2% для кусковой руды и ±0,05% — для рудной мелочи), стабилизация основности агломерата (до 0,025%);
— ввод в шихту различных добавок (извести, конвертерного шлака) вместо известняка (экономит 3—5 кг топлива на 1 т агломерата);
— увеличение высоты слоя аглошихты до 500—700 мм (снижает расход топлива с 50 до 40 кг/т);

— комбинированный нагрев шихты теплом отходящих газов (рециркуляция 50% отходящих газов уменьшает расход коксика на 70%);

— замена коксовой мелочи другими видами топлива, например антрацитом;

— раздельное окомкование (позволяет снизить расход извести на 30 кг/т и топлива на 12—30%);

— раздельная подача топлива в два барабана-смесителя (сокращает расход коксика, увеличивает прочность гранул и производительность агрегата).

2) Производство окатышей

Снижению расхода топлива способствуют:

— применение крупных обжиговых машин с площадью спекания около 600 м²;

— увеличение высоты слоя окатышей до 500 мм (экономия топлива до 10%);

— интенсификация всех технологических процессов, включая сушку и охлаждение окатышей, и повышение степени рециркуляции газовых потоков;

— использование комбинированных установок, в которых для сушки окатышей используют часть газов зоны охлаждения (удельный расход тепла ниже на 18—20%, чем на обычных конвейерных машинах);

— совершенствование горелочных устройств с использованием высокотемпературного воздуха;

— применение доломитизированных и пористых окатышей (расход кокса снижается соответственно на 40—50 кг/т и 5—19 кг/т чугуна), а также окатышей с добавкой оливинов (экономия кокса 2—3 кг/т чугуна).

3) Доменное производство

Все страны уделяют большое внимание снижению расхода кокса на выплавку чугуна.

а) Улучшение качества шихтовых материалов (усреднение по химическому составу, сужение пределов крупности агломерата и кусковой руды, применение окатышей с высоким содержанием железа). Доменные печи Японии работают на железорудной шихте, содержащей фракции до 5 мм не выше 2—3%, доля окускованного сырья около 90%, а содержание железа в железорудной части шихты примерно 60%. С хорошими показателями работают доменные печи США и Канады, где значительную долю в шихте составляют окисленные окатыши (50—70%).

б) Широкое применение бесконусных загрузочных устройств (БЗУ) и подвижной брони колошника при конусных загрузочных устройствах способствовало лучшему распределению шихты по сечению доменной печи, увеличило использование восстановительной способности доменного газа и, следовательно, привело к снижению расхода кокса. По данным фирм ФРГ, экономия кокса составила 30—40 кг/т, в Японии — до 10 кг/т.

в) Повышение температуры доменного дутья. Оснащение доменных печей высокотемпературными воздухонагревателями позволяет повысить температуру дутья св. 1250°С. (На заводах Японии она превышает 1300°С).

г) Повышение давления газа на колошнике. Современные доменные печи рассчитаны на работу с давлением газа на колошнике более 2 атм, что экономит расход кокса. (В Японии доменные печи объемом 3000 м³ и более работают с давлением 2—3 атм).

д) Применение осушенного дутья позволяет не только снизить содержание влаги в дутье, но и поддерживать его на постоянном уровне. Опыт работы доменных печей Японии дал снижение расхода кокса на 7—10 кг/т чугуна при уменьшении влажности дутья на каждые 10 г/м³, а также снизил расход топлива в воздухонагревателях.

е) Применение заменителей кокса. В технологию доменного процесса прочно вошло вдувание в горн доменных печей различных видов топлива: газообразного, жидкого и твердого.

Природный газ: наибольшее распространение вдувание природного газа получило в США и Канаде (удельный расход достигает 50—70 м³ на 1 т чугуна). Вдувание природного газа свыше 60 м³/т эффективно только с применением дутья, обогащенного кислородом.

Мазут: наиболее широкое применение вдувание мазута получило в свое время в Японии (40—60 кг/т). Однако в связи с повышением цен на мазут, начиная с 1979 г. доменные печи постепенно переводились на работу без вдувания мазута. В Западной Европе расход мазута составляет 90 кг/т при работе на богатой шихте и 110—130 кг/т при работе на бедной шихте. Применяется также вдувание водомазутной и водосмоляной эмульсии в количестве до 130 кг/т. В ФРГ максимальный расход мазутобутановой смеси достиг 148 кг/т.

Пылеугольное топливо (ПУТ): уголь становится основным заменителем мазута в черной металлургии, особенно это характерно для Японии и ФРГ. Из 33 доменных печей Японии в 1990 г. 23 печи работали с вдуванием ПУТ (в среднем 47 кг/т). В Западной Европе половина всех доменных печей снабжена устройствами для вдувания ПУТ. В ФРГ использование ПУТ в доменном производстве впервые началось в 1985 г. На заводе в Хамборне фирмы «Тиссен» лучшее достижение — 130 кг ПУТ/т чугуна. Максимальное количество ПУТ в ФРГ составило 173 кг/т (на заводе в Швельгерне). В США до 1990 г. лишь одна металлургическая компания (фирма «Армко стил») применяла этот способ снижения расхода кокса, начиная еще с 1963 г. Ныне несколько компаний изучают возможности этого способа для своих предприятий. Кроме того, компания «Бетлихем стил» заключила соглашение с Министерством энергетики США о совместном финансировании (около 144 млн. долл.) исследований технологии вдувания ПУТ на двух доменных печах завода этой фирмы в Берне Харборе (доля «Бетлихем стил» составит при этом 112,5 млн. долл.). Целью разработки является замена использования мазута и природного газа, вдуваемых в доменные печи, а также сокращение удельного расхода кокса путем вдувания ПУТ порядка 182 кг/т чугуна. Работы проводятся в течение 1991—1994 гг. Полученные результаты будут передаваться и другим металлургическим компаниям США.

4) Прокатное производство

Снижение энергозатрат в прокатном производстве и вопросы экономии энергии остаются важной проблемой для черной металлургии всех стран. Совершенствование энергопотребления идет по следующим направлениям:

— совершенствование нагревательных средств, обеспечивающих повышение эффективности использования топлива;

— создание технологических линий, обеспечивающих максимальное использование тепла металла предыдущих процессов;

— утилизация тепла продуктов сгорания и охлаждаемых элементов нагревательных устройств;

— увеличение доли непрерывнолитых заготовок.

а) Ввод МНЛЗ благодаря устранению операций нагрева слитков в нагревательных колодцах и их последующей обработке на обжимных станах позволил сократить энергетические затраты на 15%, удельный расход топлива на 20 кг/т. Эта энергосберегающая технология получила широкое распространение в разных странах. В Японии доля МНЛЗ выросла к 1990 г. до 94%, в ФРГ — до 91,3%, США — 67,1%. По оценке экспертов из металлургических и машиностроительных компаний, США достигнут 90%-ного уровня разливки стали на МНЛЗ не ранее 1994 г. или даже к 2000 г.

б) Нагревательные колодцы

За рубежом широко применяют наиболее современные рекуперативные колодцы с верхними горелками, которые компактны и характеризуются меньшими удельными затратами на 1 т металла. Экономия энергии складывается из многих составляющих:

— повышение температуры воздуха (в Японии до 700°С, США — 550°С), газа (коксодоменного) до 300°С. В ФРГ — до 600°С в кассетных рекуператорах системы «Вагнер-БИРО»;

— повышение теплосодержания слитков при посаде в колодцы — посад слитков с жидкой сердцевиной (Япония, США, ФРГ), сокращение пребывания слитков на раздаточных тележках и футеровка тележек;

— увеличение площади загрузки колодца (Япония, до 43%);

— снижение содержания кислорода в отходящих газах с 1,5 до 0,5% путем применения специальных газоанализаторов на кислород (США, Япония);

— снижение температуры колодца (с 1300 до 1250°С) при выдаче слитков, регулирование режима нагрева слитков.

в) Нагревательные печи:

— создание высокопроизводительных и экономичных печей: печи с шагающим подом и шагающими балками, взамен устаревших методических печей (США, Япония);

— создание нового типа изоляции на опорной системе — двойной изоляции с использованием в качестве первого слоя керамического волокна, а в качестве второго — бетона огнеупорностью 1600°С (Япония), а также использование для футеровки печей пластичных масс вместо штучных огнеупоров (США, Япония, ФРГ, Великобритания). Экономия топлива 20%;

— оптимизация нагрева металла, снижение температуры нагрева слябов и заготовок Экономия 10% (на пятизонных печах в Японии и толкательных печах в Великобритании);

— увеличение температуры подогрева воздуха до 400—600°С в рекуператорах новой конструкции (ФРГ, США, Великобритания).

г) Термические печи:

— создание новых горелочных устройств с системой регулирования;

— применение печей с более удлиненной подогревательной зоной;

— применение футеровки из керамического волокна, создание новых уплотнений печей и заслонок;

— оптимизация режимов работы печей, использование ЭВМ.

д) Прямая прокатка и прокатка с горячим всадом бездефектных катаных и непрерывнолитых горячих слябов:

— прямая прокатка применяется от МНЛЗ (первой страной была Япония). Чтобы сохранить температуру сляба не менее 90°С, применяют тепловые экраны или теплоизоляционные крышки на подводящих рольгангах, устройства для подогрева кромок слябов, используют индукционные нагреватели либо томильные печи для гомогенизации структуры металла и подогрева, закрытые туннели для транспортирования слябов;

— при прокатке с промежуточным подогревом (горячим всадом) используют как катаные, так и непрерывнолитые слябы. При транспортировании на значительные расстояния применяют специальные тележки с термоизоляцией. По такому способу работают заводы Японии, США, Канады.

е) Совмещенные и непрерывные процессы в прокатном производстве:

— совмещение процессов прокатки и термоупрочнения в одной агрегатной линии;

— совмещение процессов холодной прокатки, отжига, термообработки и отделки в одной линии.

ж) До конца 90-х годов основным направлением деятельности зарубежных металлургических компаний будет стремление к повышению качества металла и сохранение (либо расширение) рынка потребления стального проката при одновременном снижении издержек производства. В черной металлургии ФРГ возможности повышения эффективности энергопотребления (то есть снижения удельных затрат топлива и энергии) в основных производствах отрасли счита-

ются практически исчерпанными. Поэтому в 90-х годах усилился интерес крупных компаний к освоению нетрадиционных способов: бескоксовой выплавки чугуна и непрерывных процессов типа «руда — сталь», а также к непрерывной отливке тонких ($\leqslant$50. мм) слябов и полос. С этими технологиями связывают, в частности, возможность решения стоящих перед черной металлургией экологических проблем, а не только снижение энергоемкости.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПЕРЕЧЕНЬ ДЕЙСТВУЮЩИХ СТАНДАРТОВ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ НОРМАТИВЫ РАСХОДА ЭНЕРГИИ

ГОСТ 27727—88	Печи индукционные тигельные сетевой частоты для выплавки чугуна для литья. Нормативы расхода энергии
ГОСТ 27729—88	Печи дуговые сталеплавильные. Нормативы расхода энергии
ГОСТ 27881—88	Печи с шагающим подом и печи с шагающими балками для нагрева черных металлов. Удельные расходы энергии
ГОСТ 27882—88	Печи толкательные и печи с вращающимся подом для нагрева черных металлов. Удельные расходы энергии
ГОСТ 28542—90	Печи протяжные для нагрева стальной полосы. Показатели энергопотребления

Р 50—805—100—94

УДК 669.014 В00 ОКСТУ 0803, 0903

Ключевые слова: котельно-печное топливо, экономия, энергосбережение, черная металлургия, производство агломерата, окатышей, коксохимическое, доменное, сталеплавильное, прокатное, трубопрокатное производство, топливный баланс

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Энергосбережение

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Технологические мероприятия по снижению расхода котельно-печного топлива

Редактор В. П. Огурцов
Технический редактор Н. С. Гришанова
Корректор М. С. Кабашова

Сдано в наб. 18.08.94. Подп. в печ. 07.09.95. Формат 60×84 1/16.
Бумага газетная. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 1,63.
Усл. кр.-отт. 1,63. Уч.-изд. л. 1,65. Тир. 78 экз. Зак. 227. Изд. № 1865/4. С 2701.

НПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер., 14.
ЛР № 021007 от 10.08.95
Филиал НПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник»,
Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru