

УДК 66.041.5:662.613.5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧЕЙ С МЕХАНИЗИРОВАННЫМ ПОДОМ БЕЛОРУССКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Доктора техн. наук, профессора СОРОКА Б. С., ТИМОШПОЛЬСКИЙ В. И.,
канд. техн. наук ТИЩЕНКО В. А.,
инженеры ПЬЯНЫХ К. Е., МАТОЧКИН В. А., ПИРОГОВ А. А.

*Институт газа НАН Украины,
Белорусский национальный технический университет,
РУП «Белорусский металлургический завод»*

В работах [1–3] приведены результаты энергоэкологических испытаний нагревательных печей с шагающим подом станов 320/150 и 850, функционирующих в условиях РУП «Белорусский металлургический завод». Отмечалась высокая эффективность использования топлива в нагревательных печах в период проведения испытаний (1990–1991), что подтверждалось достаточно низкими удельными расходами топлива. Одновременно были выявлены значительные выбросы оксидов азота, особенно для условий функционирования нагревательной печи стана 850. Последнее обстоятельство объяснялось несовершенством горелочных устройств, изготовленных и смонтированных фирмами Heurtey-Daniely, Франция (на нагревательной печи стана 320/150) и Bloom-Europe, Германия (на печи стана 850), с точки зрения экологических характеристик.

В [1–3] указывалось на необходимость статистической обработки данных, накопленных в течение достаточно длительного периода эксплуатации для получения надежной информации о выбросах NO_x из нагревательной печи стана 850.

В сентябре 2000 г. на РУП «БМЗ» с целью разделения прокатки различных профилей на стане 320/150 и увеличения выпуска высококачественной продукции (катанки и арматуры) пущен в эксплуатацию мелкосортно-проволочный стан 150, в состав оборудования которого входит уникальная нагревательная печь с шагающим подом современной конструкции, оснащенная высокоскоростными газогорелочными устройствами.

В связи с изложенным представляет интерес сравнение фактических экологических показателей работы нагревательных печей: стана 850 – с учетом длительной эксплуатации без капитальных ремонтов – и вновь построенной нагревательной печи стана 150 РУП «БМЗ» по выходу наиболее токсичных компонентов продуктов сгорания – оксидов азота (NO_x).

Общая характеристика печей. Нагревательная печь стана 850 производительностью 90 т/ч при холодном посаде и 102 т/ч – при горячем посаде предназначена для нагрева непрерывнолитых заготовок поперечным сечением 250×300, 300×400 мм и длиной от 2,5 до 5,5 м при шаге раскладки соответственно 150 и 200 мм. Общая длина печи – 27 м, по расположению газогорелочных устройств она разделена на семь зон.

Для отопления нагревательной печи стана 850 в верхних зонах установлены 27 сводовых радиационных горелок по 3 шт. в поперечном ряду, в нижних зонах – 18 боковых горелок конструкции фирмы Bloom (рис. 1).

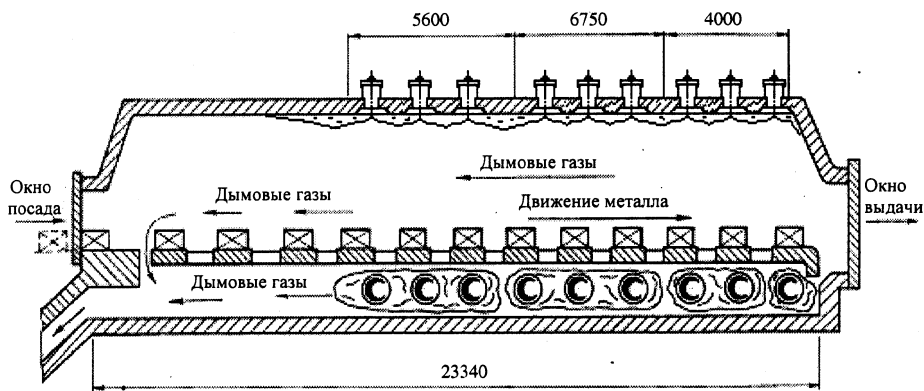


Рис. 1. Схема нагревательной печи с шагающими балками стана 850

Для утилизации теплоты уходящих газов используется металлический рекуператор для нагрева воздуха до 450...550 °С. Горелки имеют боковой подвод воздуха и аксиальный подвод газа, которые выполнены с помощью гибких соединений с армированным шлангом. Отличительной особенностью боковых горелок, которые можно считать длиннофакельными (или с ухудшенным перемешиванием, или со смесительным соплом (mixing nozzle)), является футеровка их корпуса изнутри огнеупорным материалом, поскольку горелки предназначены для работы с воздухом высокой температуры. Основная характеристика системы отопления печи стана 850 приведена в табл. 1.

Нагревательная печь стана 150 производительностью 70 т/ч предназначена для нагрева непрерывнолитых и катаных заготовок поперечным сечением 125×125, 163×163 мм и длиной от 10 до 12 м. Общая длина печи 20,35 м, посад и выдача заготовок осуществляются с боковых сторон печи (рис. 2). Отличительной особенностью исследуемой печи являются кантовка заготовки на 360° (8 раз) в зоне предварительного нагрева, наличие водоохлаждаемой перегородки между зоной предварительного и форсированного нагрева и незначительная длина печи. Печь оборудована металлическим рекуператором с температурой подогрева воздуха до 500 °С. По длине печь разделена на три отапливаемых участка: зона 1 предварительного нагрева, зона 2 форсированного нагрева и участок зон выдержки 3–5. В соответствии с расположением и монтажом газогорелочных устройств

**Основная характеристика системы отопления печи стана 850
с газовыми горелками фирмы Bloom**

№ зоны	Тип и индекс горелки	Число горелок в зоне, шт.	Расход газа на горелку, м ³ /ч	Номинальная мощность	
				горелки, кВт	зоны, МВт
I	Сводовые плоскопламенные 2110-0200	9	100	961	8,65
II	Боковые с параллельными потоками 1200-0250	6	150	1440	8,64
III	Сводовые плоскопламенные 2110-0150	9	50	481	4,33
IV	Боковые с параллельными потоками 1200-0250	6	150	1440	8,64
V	Сводовые плоскопламенные 2110-0080	9	20	192	1,73
VI	Боковые с параллельными потоками 1200-0150	4	70	673	2,69
VII	Боковые с параллельными потоками 1200-0150	2	70	673	1,35

участок выдержки разделен на три поперечные (торцевые) зоны. Основная характеристика газогорелочных устройств типа GR-16, GR-22, GR-8, разработанных фирмой Italimpianti, приведена в табл. 2. Горелки GR-16 (4 шт., по две с каждой стороны) устанавливаются в боковой зоне предварительного нагрева, GR-22 – в боковой зоне форсированного нагрева (6 шт., по три с каждой стороны), GR-8 – в торцевых зонах выдержки. Горелки характеризуются значительным импульсом потока, генерируемым воздухом горения, что позволяет обеспечить высокую равномерность температурного поля в топочной камере [4, 5].

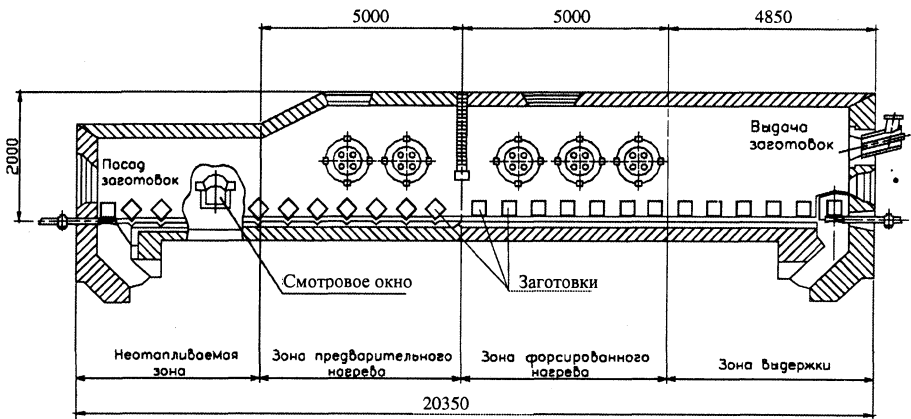


Рис. 2. Схема нагревательной печи мелкосортно-проволочного стана 150 РУП «БМЗ»

Аппаратура для испытаний. Исследования на печах станов 150 и 850 проводили с помощью стационарной и переносной аппаратуры. Температуру продуктов сгорания измеряли отсасывающим пирометром с платинородий (Пр-6) – платинородиевой (Пр-30) термопарой ТПР-0679-01, оснащенным вакуум-насосом THOMAS 627CGH132D (США). Состав продуктов сгорания определяли с помощью газоанализатора TESTO 33 (Гер-

мания). Температуры в зонах, воздуха для горения после рекуператора, продуктов сгорания до и за рекуператорами определяли стационарно установленными термопарами, а боковых стен печи и металла – с помощью узкоугольного оптического пирометра с лазерным визиром СМОТРИЧ-5ПМ (Украина).

В печи стана 150, где реализовано компьютерное управление температурным режимом, показания зонных термопар выведены через контроллеры и индикаторы фирмы Siemens (Германия) на приборный щит печи. Одновременно соответствующие сигналы передаются в систему компьютерного сбора, переработки и графического представления информации.

Таблица 2

Характеристика горелок и распределение тепловой мощности по зонам нагревательной печи стана 150

Наименование	Количество горелок в зоне	Тип горелок	Единичная мощность горелки, МВт	Максимальный расход на горелку, м ³ /ч		Тепловая мощность зоны, МВт		Максимальный расход на зону, м ³ /ч	
				газа	воздуха	номинальная	максимальная	газа	воздуха
Зона предварительного нагрева	4	GR-16	2,8	300	3135	8,96	11,2	1200	12540
Зона форсированного нагрева	6	GR-22	3,49	383	4002	17,1	21,4	2300	24035
Зона выдержки 3	2	GR-8	2,33	95	993	1,4	1,75	190	1985
Зона выдержки 4	4	GR-8	4,65	92,5	967	2,8	3,49	370	3866
Зона выдержки 5	2	GR-8	2,33	95	993	1,4	1,75	190	1985
Всего	18					31,66	39,6	4250	44411

Обсуждение результатов испытаний. Ниже, в табл. 3–5, представлены отдельные результаты измерений, проведенных в 2002 г. и имевших целью сопоставить уровень загрязнения продуктов сгорания в обеих упомянутых печах. Для замеров использовали окна (О) и люки (Л), расположенные под и над шагающими балками и заготовками (рис. 3, 4).

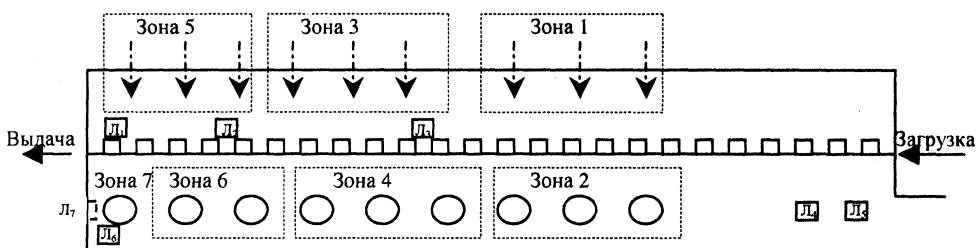


Рис. 3. Принципиальная схема печи стана 850 БМЗ с шагающими балками (продольный вид) с указанием окон измерений

С использованием соотношений [5] был выполнен пересчет базовых (замеренных) концентраций $[\text{NO}]$, ppm на концентрацию $[\text{NO}_2]$ ($[\text{NO}_x]$), мг/м^3 , для нормативных условий – содержания кислорода в продуктах сгорания $[\text{O}_2] = 3\%$, $[\text{O}_2] = 5\%$, а также для случая, когда коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$ (табл. 3–5). Полученные данные используются для оценки результатов испытаний по содержанию оксидов азота в продуктах сгорания для условий печей станов 850 и 150, выполнения сопоставительного их анализа, а также сравнения характеристик указанных печей с действующими нормативными значениями по стандартам разных стран и ЕС.

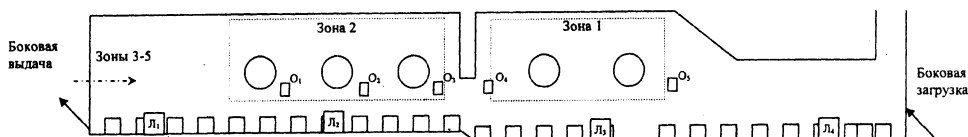


Рис. 4. Принципиальная схема печи стана 150 БМЗ с шагающим подом (продольный вид) с указанием окон измерений

Таблица 3

Состав газовых выбросов из печи стана 850 при горячем посяде металла

Место измерения	Глубина внесения зонда внутрь печи, мм	Коэффициент избытка воздуха, α	Основные компоненты, %		Токсичные вещества, ppm		Расчетные $[\text{NO}_x]$			
			O_2	CO_2	CO	NO	Исходное значение, ppm	Пересчет $[\text{O}_2]$ на 3%, мг/м^3	Пересчет $[\text{O}_2]$ на 5%, мг/м^3	Приведенное к $\alpha = 1$, мг/м^3
Л1	100	1,42	6,2	8,4	18	367	367	911	809	1030
	500	1,31	5	9,1	5	324	324	744	661	844
	900	1,26	4,3	9,5	1	328	328	721	641	824
Л2	100	1,37	5,6	8,7	0	353	353	842	748	958
	500	1,57	7,6	7,6	0	380	380	1041	926	1172
Л3	100	1,22	3,7	9,8	9	339	339	720	640	827
	500	1,21	3,5	9,9	8	347	347	728	647	840
Л4	100	2,43	12,4	4,9	0	182	182	777	691	850
	500	2,59	12,9	4,6	1	177	177	802	713	879
Л5	100	3,06	14,1	3,9	4	132	132	703	624	770
	500	2,06	10,7	5,8	0	215	215	767	681	857
	900	1,44	6,3	8,3	0	305	305	762	677	867
Л6	500	1,37	5,6	8,7	0	249	249	594	528	676
Л7	500	1,44	6,4	8,3	1	310	310	780	693	882
Эксплуатационная и температурная характеристика печи										
Марка стали заготовок								70К		
Производительность печи, т/ч								89		
Расход природного газа на печь, $\text{м}^3/\text{ч}$								1770...1885		
Температура в зонах печи, °С (К)								1170...1220 (1443...1493)		
Температура воздушного дутья, °С (К)								470...480 (743...753)		

Состав газовых выбросов из печи стана 850 при горячем посяде металла

Место измерения	Глубина внесения зонда внутрь печи, мм	Коэффициент избытка воздуха, α	Основные компоненты, %		Токсичные вещества, ppm		Расчетные [NO _x]			
			O ₂	CO ₂	CO	NO	Исходное значение, ppm	Пересчет [O ₂] на 3 %, мг/м ³	Пересчет [O ₂] на 5 %, мг/м ³	Приведенное к $\alpha = 1$, мг/м ³
Л1	500	1,51	7,0	7,9	1	362	362	950	844	1076
	900	1,61	7,2	7,4	0	373	373	993	882	1178
Л2	500	1,36	5,5	8,8	1	328	328	777	691	884
	900	1,41	6,0	8,5	5	353	353	864	768	984
Л3	500	1,31	4,9	9,1	10	307	307	700	622	800
	900	1,41	5,8	8,6	2	325	325	785	698	906
Л4	500	2,84	13,5	4,2	0	178	178	872	775	965
	900	2,98	14,0	4,0	0	150	150	787	699	852
	900	1,99	9,9	6,3	0	255	255	844	750	984
Эксплуатационная и температурная характеристика печи										
Марка стали заготовок							40X			
Производительность печи, т/ч							28,3			
Расход природного газа на печь, м ³ /ч							1295			
Температура в зонах печи, °С (К)							1180...1260 (1453...1533)			
Температура воздушного дутья, °С (К)							480 (753)			

Таблица 5

Состав газовых выбросов из печи стана 150 при холодном посяде металла

Место измерения	Глубина внесения зонда внутрь печи, мм	Коэффициент избытка воздуха, α	Основные компоненты, %		Токсичные вещества, ppm		Расчетные [NO _x]			
			O ₂	CO ₂	CO	NO	Исходное значение, ppm	Пересчет [O ₂] на 3 %, мг/м ³	Пересчет [O ₂] на 5 %, мг/м ³	Приведенное к $\alpha = 1$, мг/м ³
Л1	60	1,31	4,9	9,1	0	105	105	240	213	273
O2	0	1,34	5,3	8,9	0	102	102	239	212	271
	650	1,31	5,0	9,1	0	111	111	255	226	289
O5	0	1,18	3,2	10,1	0	77	77	159	141	182
	650	1,22	3,7	9,8	0	75	75	159	142	183
Л4	860	1,21	3,6	9,9	0	71	71	150	133	172
Эксплуатационная и температурная характеристика печи										
Марка стали заготовок							70К			
Производительность печи, т/ч							54,4			
Расход природного газа на печь, м ³ /ч							2050			
Температура в зонах печи, °С (К)							1327...1342 (1600...1615)			
Температура воздушного дутья, °С (К)							490 (763)			

Следует заметить, что паспортные показатели горелок Bloom, установленных на печи стана 850, в случае холодного воздушного дутья предусматривают концентрацию $[\text{NO}_x]_{3\% \text{O}_2} \approx 158 \text{ ppm}$ при температуре в печи $T \approx 1370 \text{ K}$ и 250 ppm – при $T \approx 1590 \text{ K}$ [6]. В соответствии с тем же источ-

ником [6] подогрев воздушного дутья до 810 К приводит для обычных прямооточных горелок Bloom (Conventional Burners) к 6-кратному увеличению $[\text{NO}_x]$. Это дает основание предполагать возможность достижения концентрации $[\text{NO}_x]$ до 1000 ppm в процессе сжигания газа в горячем воздухе при реальных условиях эксплуатации высокотемпературных нагревательных печей. Действительно, проведенные ранее энергоэкологические исследования по измерению концентрации NO_x в рабочем пространстве печи стана 850 и на выходе из него показали, что величина NO_x зачастую превосходит значение 1000 ppm [1–3].

Анализ результатов исследований, проведенных в 2002 г., подтвердил повышенные выбросы NO_x , причем величина концентраций NO_x превышает значения, оговоренные отечественными и зарубежными нормативами. Состав газов в объеме печи характеризуется существенной неравномерностью и высокими избытками воздуха (табл. 3, 4), что может указывать либо на отсутствие должного регулирования соотношения топливо:воздух по зонам печи, либо на чрезмерные подсосы воздуха извне вследствие чрезмерного разрежения в печи. Особенно высоко содержание O_2 под заготовками со стороны загрузки (при выбросе продуктов сгорания из печи).

Описанных выше экологических недостатков лишена печь стана 150, основным достоинством которой является использование low- NO_x высокоскоростных газогорелочных устройств. Горелки такого типа работают по принципу двухстадийного сжигания и «flameless (FLOX)/беспламенная схема» организации процесса, которая характеризуется оторванным от устья горелки фронтом воспламенения (повисшим факелом), системой внутренней рециркуляции продуктов сгорания, рассредоточенным вводом газовых и воздушных струй в поток продуктов сгорания непосредственно в печном пространстве, балластированием свежей смеси и устранением температурных пиков в факеле [7], что обеспечивает пониженные выбросы NO_x .

Анализ результатов испытаний печи стана 150 с горелками серии GR показал, что по длине и поперек печи наблюдается относительно небольшое изменение состава продуктов сгорания (избытка воздуха), что объясняется значительной циркуляцией газов внутри рабочего пространства печи. Данные табл. 5 свидетельствуют о том, что концентрация NO_x в продуктах сгорания существенно уменьшена по сравнению с другими печами, находящимися в эксплуатации на РУП «БМЗ», в частности с печью стана 850.

Следует заметить, что более высокие концентрации NO_x по длине печи стана 150 относятся к участку со стороны выгрузки металла из нее. Дополнительные возможности регулирования температурной и концентрационной равномерности открываются при использовании конструктивного варианта горелок GR с двумя подводами воздуха, обеспечивающего автоматическое изменение длины факела от 2 до 8 м.

Приведенные в табл. 5 показатели $[\text{NO}_x]$ несколько превышают предельные концентрации оксидов азота, оговоренные характеристикой горелок, представленной фирмой Techint – разработчиком горелок серии GR. В соответствии с проспектом [8] фирма-разработчик гарантировала уровень $[\text{NO}_x]_{3\% \text{ O}_2} = 200 \text{ мг/м}^3$ при сжигании природного газа с коэффициентом из-

бытка воздуха $\alpha = 1,05$ при подогреве воздуха до температуры ≤ 450 °С в условиях температуры печи ≤ 1280 °С при нагрузке горелок ≤ 80 %. Некоторое увеличение фактических уровней $[\text{NO}_x]$ (табл. 5) по сравнению с каталожными значениями, полученными фирмой Techint при измерениях совместно с CSM на экспериментальных печах в Генуе [8], обусловлено, возможно, превышением температуры подогрева воздуха горения на печи стана 150 БМЗ (490 °С (по задатчику 530 °С)). Уровень локальных температур в печи стана 150 при наших замерах, выполненных с использованием отсасывающей термопары, достигал 1280...1315 °С, т. е. был близок к оговоренным выше фирмой Techint значениям, незначительно превышая последние.

В конечном счете измеренные на печи стана 150 концентрации $[\text{NO}_x]$ укладываются в российские нормативы [9], ограничивающие предельные $[\text{NO}_x]$ для высокотемпературных печей при высокотемпературном подогреве воздуха горения значением $[\text{NO}_x]$ 290 ppm. Обеспечивается также выполнение германских нормативов TA Luft, на которые ориентировались разработчики горелок в 90-е гг. и которые ограничивали $[\text{NO}_x]$ значением 250 ppm [10].

Сравнение уровня выбросов NO_x в печах станов 850 и 150 показывает, что в последней регламентируемый уровень NO_x обеспечивается за счет использования специальных low- NO_x горелочных устройств серии GR. Следует однако отметить, что горелки типа GR не полностью соответствуют требованиям по диапазону устойчивости горения: при их эксплуатации на печи стана 150 отмечается сложность запуска и пульсации горения. Это связано с отрывом факелов от устьев горелок и со стабилизацией факелов в «повисшем» состоянии [11].

Оценка достоверности измерений. Для оценки достоверности показаний переносной и стационарной аппаратуры, используемой при испытаниях и эксплуатации печей, были сопоставлены их показания при синхронных измерениях температуры и состава газовой атмосферы. Для сравнения состава газовой атмосферы и уровня ее загрязнения были проведены анализы в дымоходе печи стана 150 с использованием переносного прибора TESTO 33 и стационарного автоматического газоанализатора ULTRAMAT 23 (фирма Siemens). Последний установлен в общем шкафу фирмы Techint с температурным контроллером commander TM48. Результаты сравнения для продуктов сгорания с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,59$ (TESTO 33) сведены в табл. 6.

Таблица 6

Сравнение составов продуктов сгорания

Показатель (компонент)	Прибор			
	ULTRAMAT 23		TESTO 33	
	Размерность	Показания	Размерность	Показания
CO_2	% об.	7,77...7,92	% об.	7,5
		7,52		7,52
O_2	% об.	7,69...7,44	% об.	7,8
		7,80		7,8
CO	мг/м ³	14; 18	мг/м ³ (ppm)	0
NO	мг/м ³	213	мг/м ³ (ppm)	190 (142)

С учетом определенного различия мест отбора проб для сравниваемых газоанализаторов в дымоходе печи можно признать результаты анализов практически совпадающими.

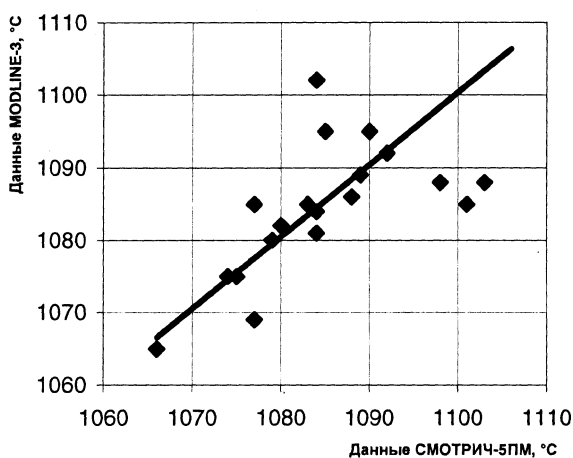


Рис. 5. Корреляция измерений температур металла на выходе из печи стана 150, выполненных с использованием пирометра model 3R-14CO5 типа MODLINE-3 (ордината), с показаниями переносного пирометра СМОТРИЧ-5ПМ (абсцисса)

Для оценки измерения температуры излучающих поверхностей сравнивались показания приборов, визированных на поверхность, заготовок на выходе из печи стана 150 при прохождении черновой группы клетей после гидросбива окалины. С этой целью использовались переносной пирометр СМОТРИЧ-5ПМ с установленной степенью черноты объекта $\epsilon = 0,861$ и стационарный пирометр model 3R-14CO5 типа MODLINE-3. Результаты сравнения температур приведены на рис. 5. Их анализ показывает удовлетворительное совпадение: максимальное расхождение показаний не превышает 2 %.

ВЫВОД

Проведен первый этап энергоэкологических испытаний печей станов 150 и 850 РУП «Белорусский металлургический завод» со сравнительной оценкой уровня оксидов азота в каждой из печей. Результаты их предварительных испытаний показали удовлетворительное соответствие выбросов NO_x регламентируемым нормативам (Россия, Германия) в печи стана 150 и неудовлетворительное – в печи стана 850, для которой уровень концентраций $[\text{NO}_x]$ многократно превышает российские и западные стандарты.

Для обеспечения сочетания высоких энергетических показателей печи стана 850 с нормативами по выбросу $[\text{NO}_x]$ кардинальным решением, позволяющим улучшить экологическую ситуацию на печи стана 850, является замена существующих горелочных устройств на сводовые плоскопламенные и боковые факельные горелки типа low- NO_x .

Что касается неполноты сгорания и уровня оксидов углерода, установленные концентрации СО минимальны в системах сжигания топлива в обеих печах и легко укладываются в отечественные и зарубежные нормативы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергоэкологические испытания печей с шагающими балками / Б. С. Сорока, Л. И. Валь, И. А. Трусова и др. // Сталь. – 1991. – № 7. – С. 52–56.
2. Тимошпольский В. И. Теплотехнологические основы металлургических агрегатов и процессов высшего технического уровня. – Мн.: Навука і тэхніка, 1995. – 256 с.
3. Энергоэкологический анализ сжигания горючих газов в нагревательных печах металлургических и машиностроительных заводов / Б. С. Сорока, В. И. Тимошпольский, А. П. Несенчук и др. // ИФЖ. – 2001. – Т. 74. – № 4. – С. 84–88.
4. Томесзек Ж. Spalanie i płomienie gazowe // Wydanie II. – Gliwice: Politechnika Śląska, 1982. – 220 s.
5. Сорока Б. С. Интенсификация тепловых процессов в топливных печах. – Киев: Наукова думка, 1993. – 413 с.
6. Workbook Approach Bloom Eng Co. Inc.: Проспект // Sect.1. General Index; Sect. 2; Large Capacity Burners. – 1990, July. – 44 p.
7. Flamm M., Haep J. Möglichkeiten zur Minderung der NO_x-Bildung im Bereich der Glasindustrie // Gaswarme Int. 1994/ J/43, N. 9. – S. 419–426.
8. Burners / Tecnint Technologies: Проспект Italimpianti, 2000. – 7 p.
9. ГОСТ Р 50591–93. Горелки газовые промышленные. Предельные нормы концентраций NO_x в продуктах сгорания. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – С. 1–6.
10. Высокотемпературные (HTR) сводовые излучающие горелки Bloom-low-NO_x серии 2080, 2180, 2010, 2110. Горелки Ultra low-NO_x серии 1100: Проспект Bloom Engineering: Информационные материалы. – Дюссельдорф – Фрейберг – Генуя – Париж, 2000. – 11 p.
11. Flamm M., Burne M. et al. Optimization of Energy Efficiency of Industrial Furnaces (ETA)/GWI. – Essen, 2002 (Poster).

УДК 621.311.22

К РАСЧЕТУ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ РАБОТЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО ЭНЕРГОБЛОКА ПРИ ВПРЫСКЕ ВОДЫ В ПРОМПЕРЕГРЕВАТЕЛЬ

Канд. техн. наук, доц. НАЗАРОВ В. И., инж. ВАКУЛИЧ Е. В.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что регулирование температуры промежуточного перегрева пара впрыском воды из промступени питательного насоса связано с существенными энергетическими потерями [1, 2]. До настоящего времени влияние впрыска воды в тракт промежуточного перегревателя на экономичность работы теплофикационного энергоблока не рассматривалось, в отличие от конденсационного. Это заставляет дополнительно обратиться к расчету энергопотерь, связанных с впрыском воды в тракт перегревателя, и к тому же в настоящее время наблюдается применение постоянных впрысков для регулирования температуры промежуточного перегрева пара на газомазутных котлах типов ТГМП-344 с турбинами Т-250/300-240 и ТГМЕ-206 с турбинами Т-180/210-130.

Указанное выше влияние впрыска на экономичность работы конденсационного энергоблока рассматривалось на основе относительного измене-