

УДК 621.

В. А. ШЕРЕМЕТ, глава администрации по производству

А. И. КАМЕНЕВ, директор энергетического департамента

В.Ф. ВОЛКОВ, заместитель директора по эффективному использованию ТЭР

В. А. СЕРГАТОВ, менеджер УЭД по топливоиспользованию в цехах предприятия

А. В. САПУНОВ, начальник АЦ МП

ОАО «Арселор Миттал Кривой Рог», г. Кривой Рог

А. И. КОВАЛЬ, директор ООО ПФ «Рубикон», г. Белая Церковь, Киевская обл.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОРНОВ АГЛОМАШИН ОАО «АРСЕЛОРМИТТАЛ КРИВОЙ РОГ» С УСТАНОВКОЙ ГОРЕЛОК ГНП.Р-250 КОНСТРУКЦИИ ПФ «РУБИКОН»

*Модернизация горнов с установкой рекуперативных горелок ГНП.Р-250 (исполнение 22) инжекционно-рециркуляционного типа конструкции ПФ «Рубикон» и применением новой футеровки горелочных тоннелей и торцевой стены на агломашинах агломерационного цеха металлургического производства ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» направлена на возможность работы с калорийностью природно-доменной смеси (ПДС) 2100 ккал/м<sup>3</sup> вместо достигнутой калорийности ПДС 2750 ккал/м<sup>3</sup> с целью экономии природного газа с сохранением требуемой производительности агломашиин.*

*В новой рекуперативной газовой горелке ГНП.Р-250 (исполнение 22) инжекционно-рециркуляционного типа используется новый способ сжигания газообразного топлива «ноу-хау», заключающийся в применении рекуператоров, как в самом газовом сопле, так и в носике (насадке) горелки, позволяющих инжектировать, рециркулировать часть подогретой газозвоздушной смеси из камеры смешивания и части горячей печной атмосферы из горелочного тоннеля по специальным инжекционным каналам для получения высокотемпературной, хорошо смешанной горючей смеси.*

**Ключевые слова:** горелка газовая рекуперативная ГНП.Р-250 (исполнение 22) инжекционно-рециркуляционного типа; рекуперативное газовое сопло; рекуперативная газовая насадка; инжекционные каналы; камера смешивания; новый способ сжигания низкоккалорийных газовых смесей; жесткий радиационный светящийся факел пламени.

*Модернізація горнів з установкою рекуперативних пальників ГНП.Р-250 (виконання 22) інжекційно-рециркуляційного типу конструкції ПФ «Рубікон» і вживанням нового футерування тунелів пальників і торцевої стіни на агломашинах агломераційного цеху металургійного виробництва ВАТ «АрселорМіттал Кривою ріг направлена на можливість роботи з калорійністю природно-доменної суміші (ПДС) 2100 ккал/м<sup>3</sup> замість досягнутої калорійності ПДС 2750 ккал/м<sup>3</sup> з метою економії природного газу із збереженням необхідної продуктивності агломашиин.*

*У новому рекуперативному газовому пальнику ГНП.Р-250 (виконання 22) інжекційно-рециркуляційного типу використовується новий спосіб спалювання газоподібного палива «ноу-хау», що полягає у вживанні рекуператорів, як в самому газовому соплі, так і в носіку (насадці) пальника, дозволяючих інжектувати, рециркулювати частину підігрітої газоповітряної суміші з камери змішування і частини гарячої пічної атмосфери з тунеля пальника по спеціальних інжекційних каналах для здобуття високотемпературної, добре змішаної горючої суміші.*

**Ключові слова:** пальник газовий рекуперативна ГНП.Р-250 (виконання 22) інжекційно-рециркуляційного типа; рекуперативне газове сопло; рекуперативна газова насадка; інжекційні канали; камера змішування; новий спосіб спалювання низькоккалорійних газових сумішей; жорсткий радіаційний факел полум'я, що світиться.

## Введение

К наиболее важным направлениям энергосберегающей деятельности предприятий черной металлургии относятся использование собственных вторичных энергоресурсов и замещение ими по мере возможности более дорогостоящего природного газа, применение современных (менее энергоемких) технологий и оборудования.

Сейчас многие металлургические предприятия проводят реконструкцию энергетических тепловых агрегатов, переводя их на сжигание доменного, коксового газа, а также и их смеси. Из-за высокого содержания в доменном газе балласта (негорючих газов: азота порядка 55 %, углекислого газа порядка 10 %, кислорода до 1 %) его сжигание без добавления природного или коксового газов вызывает некоторые затруднения. В настоящее время для его сжигания применяют специальные горелки, в которых организуется хорошее перемешивание газов с воздухом, с их предварительным подогревом. Поэтому они позволяют эффективно сжигать доменный газ с добавлением природного, коксового газов.

## Основная часть

На предприятии ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» разработана программа поэтапной модернизации теплотехнических агрегатов для достижения современных показателей энергоэффективности и качества сжигания топлива и стопроцентного использования доменного газа (без его потерь).

Одной из альтернатив снижения потребления природного газа на предприятии является повышение эффективности его использования.

Приоритетным направлением при реализации данной альтернативы является совершенствование горелочных устройств.

Значительное снижение расхода природного газа достигнуто на агломерационных машинах агломерационного цеха металлургического производства (АЦ МП).

Назначение агломерационного цеха МП – производство агломерата, соответствующего по качеству действующим технологическим условиям.

Основными технологическими процессами и операциями при производстве агломерата являются:

- складирование и усреднение сырьевых материалов;
- подготовка твердого топлива;
- подготовка известняка;
- дозирование компонентов шихты;
- смешивание, увлажнение и окомкование шихты;
- спекание подготовленной шихты.

Спекание шихты производится на колосниковой решетке агломерационной машины конвейерного типа, оборудованной зажигательным горном с 4-мя горелками, расположенными в торцевой стене горна под углом 400 к поверхности спекаемой шихты, работающими на смешанном природно-доменном газе с теплотворной способностью  $2800 \div 3000$  ккал/м<sup>3</sup>. Температура в зажигательном горне поддерживается не ниже 1150 °С.

Таблица 1

Основные характеристики агломерационной машины

Наименование	Значения
Тип агломашин	КЗ-62,5
Количество агломашин, шт.	5
Площадь спекания, м <sup>2</sup>	62,5
Производительность, т/ч	40-90
Количество горелок в зажигательном горне, шт.	4

Начиная с 2005 года службами управления энергетического департамента, технического управления предприятия совместно со специалистами агломерационного цеха металлургического производства ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» разработана и осуществляется программа поэтапной модернизации горелочных устройств зажигательных горнов агломашиин.

Цель первого этапа модернизации горелочных устройств состояла в замене устаревших горелок типа «труба в трубе» на более современные горелочные устройства конструкции ООО ПФ «Рубикон», позволяющих достичь снижения удельного расхода газообразного топлива и природного газа в природно-доменной смеси (ПДС) на зажигание аглошихты и не ухудшающих качественных характеристик агломерата (рис. 1).

Результатом работы на первом этапе модернизации (2005 год – июль 2009 года) стало снижение удельного расхода условного топлива на 2,5 кг у.т./т (32 %) с 7,9 кг у.т./т до 5,4 кг у.т./т. В том числе – снижение потребления дорогостоящего природного газа на 1,8 м<sup>3</sup>/т (32,7 %) с 5,5 м<sup>3</sup>/т до 3,7 м<sup>3</sup>/т и, соответственно, уменьшение теплотворной способности природно-доменной смеси с 2950 ккал/м<sup>3</sup> до 2750 ккал/м<sup>3</sup> (6,8 %) при сохранении удовлетворительных качественных характеристик агломерата.

Также, к концу первого этапа модернизации стало понятно, что данный тип горелок достиг своего предела эффективности и дальнейшее уменьшение удельного расхода условного топлива невозможно без применения новых решений в конструкции горелочных устройств.

К этому времени ООО ПФ «Рубикон» разработала новый способ сжигания газообразного топлива «ноу-хау» в горелочных устройствах своей конструкции с принудительной подачей холодного воздуха. Определяющим в новой модернизации, установленных в 2005 году на агломашинах №№ 1–5 АЦ МП горелочных устройств

ГНП.Р-250 (исполнение 16), является установка специального рекуперативного газового сопла в сборе в существующий корпус горелки.

Новый способ сжигания газообразного топлива в рекуперативных горелочных устройствах ГНП.Р-250 (исполнение 22) заключается в применении рекуператоров как в указанном газовом

сопле, так и в носике горелки, позволяющих инжектировать, рециркулировать часть подогретой газо-воздушной смеси из камеры смешивания и горелочного тоннеля по специальным каналам для подогрева газа и воздуха. Увязка данных процессов приводит:

- к качественному перемешиванию газа и воздуха;
- увеличению калориметрической температуры сжигания топлива за счет внесения регламентированного дополнительного физического тепла из камеры смешивания, тоннеля горелочного камня и за счет нагрева газа и воздуха от самих рекуператоров горелки;
- получению радиационного светящегося факела пламени с использованием низкокалорийного топлива с теплотой сгорания  $1500 - 1700$  ккал/м<sup>3</sup> за счет взаимодействия струйных газовых высокотемпературных потоков в камере смешивания и увеличения скорости выхода газо-воздушной смеси из носика горелки за счет применения специальной рекуперативной насадки.

Эскиз горелочного устройства ГНП.Р-250 (исполнение 22) показан на рис. 2. и его технические характеристики приведены в табл.2. Отличительные особенности горелочного устройства ГНП.Р-250 (исполнение 22):

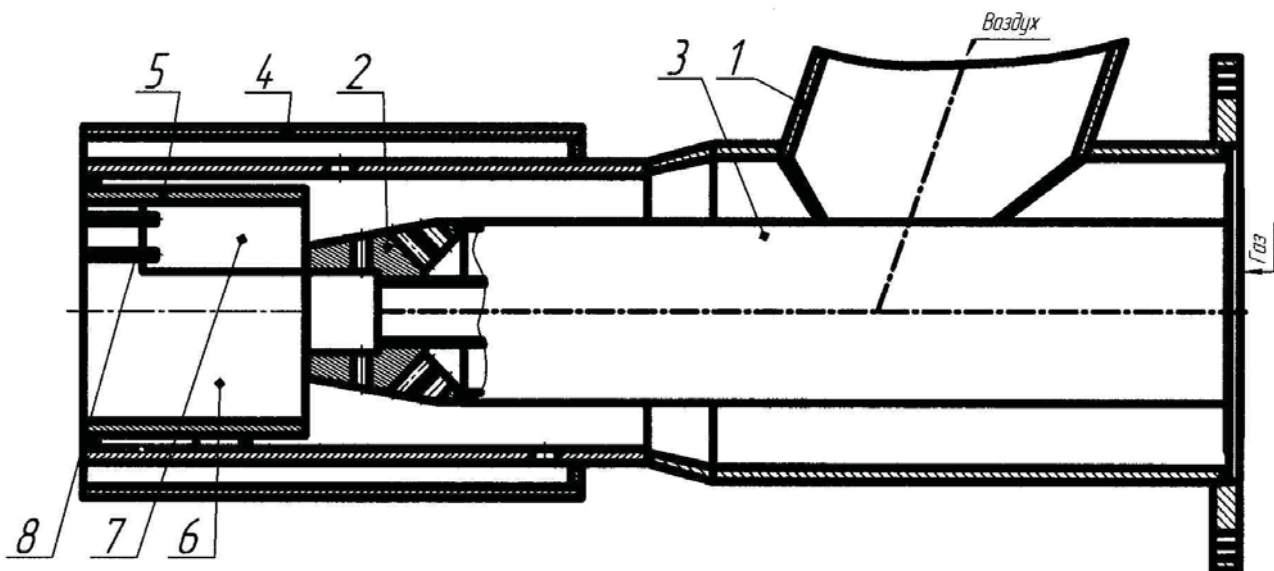


Рис. 2. Эскиз горелочного устройства ГНП.Р-250 (исполнение 22)

1 Горелка рекуперативная инжекционно-рециркуляционного типа с принудительной подачей воздуха, с элементами инжекции, рециркуляции и рекуперации для подогрева газо-воздушной смеси, с улучшенным перемешиванием газа и воздуха.

2 Факел пламени горелки – жесткий, светящийся при работе на низкокалорийных газовых смесях с возможностью обеспечения температуры в горне  $1150 - 1250^{\circ}\text{C}$ .

3 Работа горелки устойчива при всех меняющихся расходах газа и воздуха с изменением калорийности газовой смеси.

4 Не требуется специальных настроек и регулировок.

5 Процесс инжекции, рециркуляции, смешения газа и воздуха саморегулируемый при изменениях расходов и скоростей газа и воздуха за счет специальной конструкции газового сопла.

6 Газовое сопло и носик горелки выполнены из жаропрочной стали.

7 Срок службы – не менее 5 лет.

Технические характеристики горелочного устройства ГНП.Р-250 (исполнение 22)

Обозначение	Техническая характеристика
1 - Корпус существующей горелки	- топливо: ПДС, КДС
2 - Рекуперативное сопло	- теплота сгорания: 1500 – 1800 ккал/м <sup>3</sup>
3 - Газовая труба	- расход топлива: 0 – 500 м <sup>3</sup> /ч
4 - Рекуперативная насадка	- расход топлива, рабочий диапазон:
5 - Воздухоохлаждаемый носик горелки	300 – 400 м <sup>3</sup> /ч
6 - Камера смешивания	- давление газа и воздуха перед
7 - Завихрители	агломашиной: 1000 – 6000 Па
8 - Стабилизатор горения	- расход воздуха: 0 – 1500 м <sup>3</sup> /ч
	- рабочий диапазон: 500 – 1000 м <sup>3</sup> /ч
	- коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,0 \div 1,15$

На рис. 3 показана установка горелочного устройства ГНП.Р-250 (исполнение 22) в торцевой стене горна агломашины под углом 40° к поверхности аглошихты.

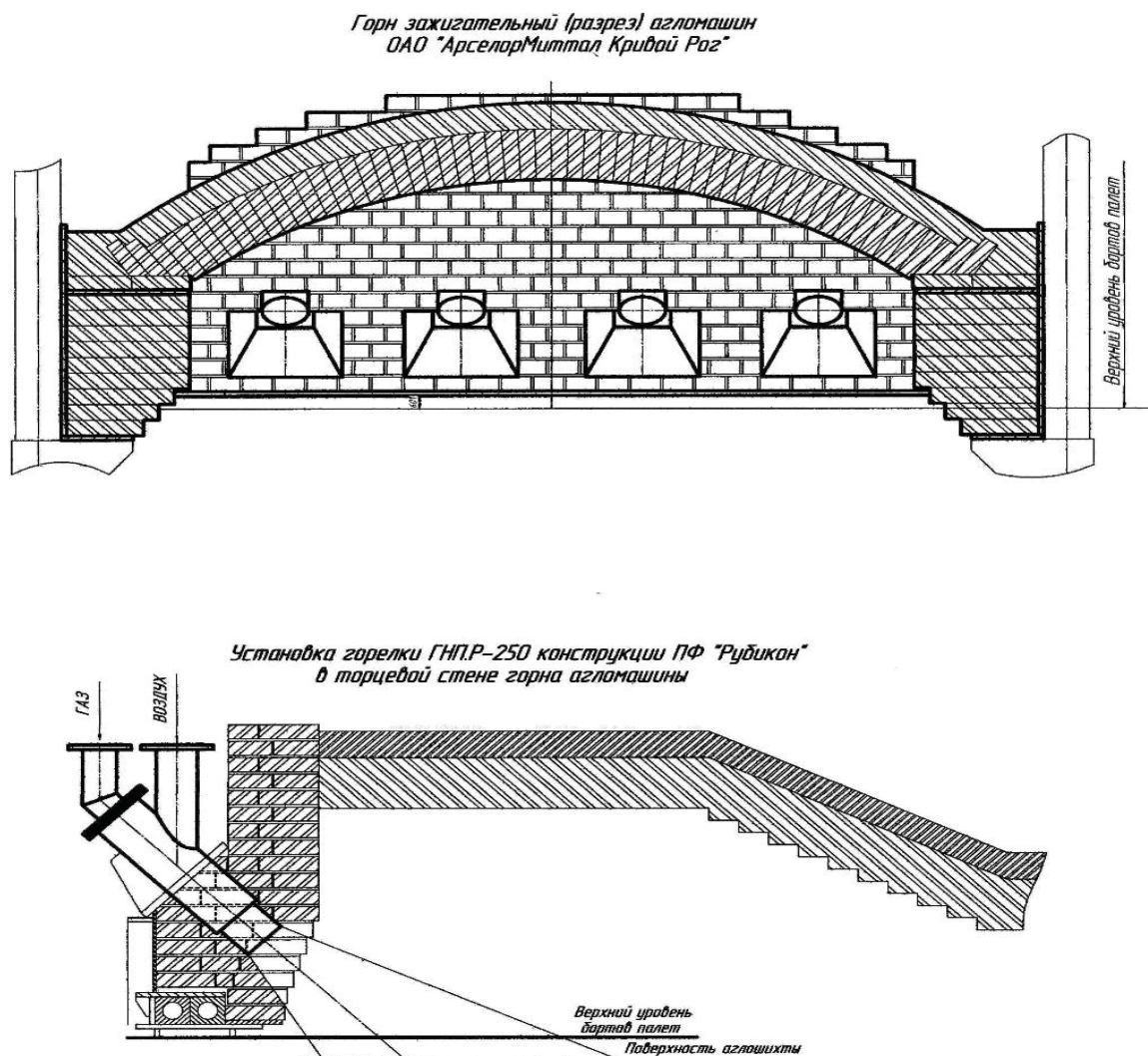


Рис. 3. Установка горелочного устройства ГНП.Р-250 (исполнение 22) в торцевой стене горна агломашины агломерационного цеха металлургического производства ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

Разработка нового технического решения в конструкции горелочных устройств послужила началом второго этапа модернизации горелок зажигательных горнов агломерационных машин. Модернизация горелок и горна агломашин произведена в течение августа - сентября 2009 года. Выполнена модернизация футеровки горна агломашин с применением жидкого стекла в шамотном растворе, а также изменена конструкция горелочного тоннеля с углом раскрытия  $60^\circ$  по оси горелки с установкой непосредственно горелок с  $45^\circ$  до  $40^\circ$  по отношению к поверхностному слою шихты. Данная модернизация позволила увеличить температурное поле зажигания аглошихты на 1 м по сравнению с размещением горелок под углом  $45^\circ$  с сохранением жесткого факела пламени и лучшим перекрытием факелов горения.

Новый способ сжигания низкокалорийного газообразного топлива (ПДС), применяемый в горелочных устройствах ГНП.Р-250 (исполнение 22) позволил в течение октября-декабря 2009 года эффективно и качественно производить процесс зажигания поверхностного слоя аглошихты с равномерным распределением поля температур по всей площади зажигания слоя с использованием природно-доменной смеси (ПДС) с теплотой сгорания: в октябре – 1700 ккал/м<sup>3</sup>, в ноябре – 1411 ккал/м<sup>3</sup>, в декабре – 1478 ккал/м<sup>3</sup>, по сравнению с фактической теплотой сгорания до внедрения ПДС 2750 ккал/м<sup>3</sup>, что привело к экономии природного газа при обеспечении всех технологических требований для получения агломерата (рис. 4).

На втором этапе модернизации (за период с октября по декабрь 2009 года) достигнуто снижение удельного расхода условного топлива на 1,7 кг у.т./т (-31,5 %), в том числе снижение потребления дорогостоящего природного газа на 2,0 м<sup>3</sup>/т (-52,6 %) и, соответственно, уменьшение теплотворной способности природно-доменной смеси с 2750 ккал/м<sup>3</sup> по сравнению с 1-м этапом модернизации до 1540 ккал/м<sup>3</sup> (-43 %) при сохранении удовлетворительных качественных характеристиках агломерата. При этом увеличился расход доменного газа с 8,5 м<sup>3</sup>/т до 11,2 м<sup>3</sup>/т (+31,8 %). Данные по производству агломерата и удельные расходы топлива по 1-му и 2-му этапам модернизации горнов агломашин АЦ МП с установкой новых горелок указаны в табл. 3.

Таблица 3

Данные по производству агломерата и удельные расходы топлива по 1-му и 2-му этапам модернизации горнов агломашин АЦ МП с установкой новых горелок

Год	Производство агломерата, тонн	Удельный расход топлива, кг/т	Калорийность, ккал/м <sup>3</sup>	Примечание
2004	3 379 761	7,9	3000	до внедрения
2005	3 308 347	6,8	2800	1 этап модернизации (май-октябрь)
2006	3 446 539	5,5	2750	после внедрения 1-го этапа
2007	3 645 855	5,5	2750	-//-
2008	2 850 518	5,4	2750	-//-
2009	2 144 984	5,0	2750/1540	2 этап модернизации (август-сентябрь)
октябрь, ноябрь, декабрь 2009	543 961	3,7	1540	после внедрения 2-го этапа
январь 2010	223 700	4,0	1530	-//-

В табл. 4 показан химический состав и прочностные характеристики качества агломерата с июля по декабрь 2009 года.

Таблица 4

	Fe	FeO	SiO <sub>2</sub>	Mn	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Основ-ность	0 – 5 мм	Проч-ность на удар	Проч-ность на истирание
июль	55,27	13,20	8,56	0,41	10,29	1,25	1,18	1,20	20,41	66,65	6,39
август	55,40	13,42	8,53	0,41	10,20	1,23	1,15	1,20	20,40	66,93	6,33
сентябрь	55,46	15,32	8,56	0,41	10,29	1,27	1,15	1,20	20,39	67,04	6,25
октябрь	55,48	15,17	8,55	0,41	10,33	1,26	1,13	1,21	20,42	66,75	6,26
ноябрь	55,49	15,34	8,50	0,41	10,25	1,27	1,11	1,21	20,40	66,88	6,13
декабрь	55,46	14,58	8,67	0,4	10,27	1,32	1,13	1,18	20,41	67,02	6,13

### Выводы

Использование данной технологии сжигания газообразного топлива в горелочных устройствах ГНП.Р-250 (исполнение 22) конструкции ПФ «Рубикон» является экономически выгодным за счет возможности использования газообразного топлива низкой калорийности. Снижение стоимости топливной составляющей (ПДС) на зажигание составило 4,07 грн/т (с 8,04 грн/т до 3,97 грн/т (- 50,6%) за 3 месяца после внедрения в ценах декабря 2009 года). Кроме того, новый способ сжигания топлива, разработанный, испытанный и внедренный в производство, позволяет производить модернизацию морально и физически изношенных теплотехнических агрегатов не только путем установки новых горелочных устройств, но и производить модернизацию существующих горелочных устройств путем установки в них специальных газовых сопел конструкции ООО ПФ «Рубикон» (рассчитанных к существующим условиям и требованиям технологии и эксплуатации), с таким же практически экономическим эффектом, как и при замене на новые горелки, но с меньшей

Таблица 5

Состав шихты (формирование штабелей)

	19.06 - 05.07	05.07 - 19.07	19.07 - 03.08	03.08 - 25.08	25.08 - 14.09	14.09 - 07.10	07.10 - 25.10	25.10 - 07.11	07.11 - 21.11
1. Аглоруда	103	83,9	81,4	84,5	86,9	101,8	80	80	84,1
2. Концентрат ГОКа	530	536,7	519,7	450,1	510,4	505	470	470,5	471,8
3. Шламовая смесь	115,1	91,2	92,3	125,1	142,8	139,7	119,3	119	125,3
4. Известковая пыль	9,4	16,9	14,9	16,1	9,3	0,5	7	16,6	21,5
5. Известь	23	17,2	23,7	22,7	23,9	24,1	24,1	18,2	15,6
6. Отсев агломерата	179	218,4	236,1	257,3	182,8	199,7	285	277,9	254,4
7. Колошниковая пыль	39,1	33,6	32,3	36,2	31,8	28,2	28,9	25,5	26,3
8. Окалина	49,4	61	60,4	82,9	64,7	68	69,1	75	69,3
9. Окарино-торфяная смесь	24,4	24,9	25,4	25,2	27	25,4	19,3	17,5	25,8
10. Шлак обогащённый	26	24,1	25	30,6	36	25	25	25,3	25,8
11. Торф активированный	16,3	16,2	16,5	16,4	16,2	16,2	16,2	16,3	16,3
12. Шлам. концентрат	8,1	0	7,7	0	7,9	0	0	0	0
13. Шлам ДЦ-1	4,4	4,2	6,2	5,9	10,4	9,3	0	0	0
14. Известняк фр. 0-5 мм	29,9	26,5	14,3	15,7	15,1	20,2	27,8	29,6	27,2
15. Марганецсодержащий шлак	13	11,2	10,2	8,4	8,8	8,1	8,3	8,6	8,5



ценой и меньшими затратами, с остановкой агрегата во время ППР, как это и было выполнено на агломашинах агломерационного цеха металлургического производства ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог».

В настоящее время начата аналогичная модернизация горелок на 12-ти агломашинах АЦ-1, АЦ-2 ГОКа. Окончание работ намечено на июнь 2010 года.

#### Список литературы

1. Технический паспорт «Рекуперативное горелочное устройство ГНП.Р-250 (исполнение 22)».
2. Чертеж ГНП.Р-250.00.000-22 предоставлены ООО ПФ «Рубикон».
3. Техничко-экономические показатели работы агломашин агломерационного цеха металлургического производства для статьи взяты в управлении энергетического департамента и АЦ МП ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» по официальным данным учета работы теплотехнических агрегатов предприятия.

### MODERNIZATION OF FURNACES OF SINTERMACHINES OF ОАО OF «ARSELORMITTAL CROOKED ROG WITH SETTING OF GAS-RINGS OF GNP.R-250 OF CONSTRUCTION OF PF «RUBICON»

V. A. SCHEREMET, A. I. KAMENEV, V.F. VOLKOV,  
V. A. SERGATOV, A. V. SAPUNOV, A. I.KOVAL'

*Modernization of furnaces with setting of rekuperativnykh gas-rings of GNP.R-250 (execution 22) of inzhektionno-recirkulyacionnogo type of construction of PF «Rubicon» and by application of new lining-up of gas-ring tunnels and butt-end wall on the sintermachines of sintering workshop of metallurgical production of ОАО «ArselorMittal directed Crooked rog on possibility of work with calorie content of natural-blast-furnace mixture (PDS) of 2100 kkal/m<sup>3</sup> in place of the attained calorie content of PDS 2750 kkal/m<sup>3</sup> with the purpose of economy of natural gas with a maintainance*

*The new method of incineration of gaseous fuel of «now-how», consisting in application of recuperators, is used in the new rekuperativnoy gas burner of GNP.R-250 (execution 22) of inzhektionno-recirkulyacionnogo type, both in a gas nozzle and in the spout (to attachment) of gas-ring, allowing inzhektirovat', recirkulirovat' part of warmed-up gazo-air mixture from the chamber of mixing and part of the hot stove atmosphere from a gas-ring tunnel on the special injection ductings for the receipt of high temperature,*

**Keywords:** *a gas-ring is gas rekuperativnaya GNP.R-250 (execution 22) of inzhektionno-recirkulyacionnogo type; rekuperativnoe gas nozzle; rekuperativnaya gas attachment; injection ductings; chamber of mixing; new method of incineration of low-caloric gas mixtures; hard radiation luminous torch of flame.*

*Поступила в редакцию 10.02 2010*