

УДК 669.162.267.34:669.786:005

А.В.Бородулин<sup>1</sup>, К.А.Дмитренко<sup>2</sup>, Н.М.Можаренко<sup>1</sup>, С.В.Нынь<sup>2</sup>,  
Д.В.Пинчук<sup>2</sup>, А.А.Сохацкий<sup>1</sup>, А.Л.Чайка<sup>1</sup>

## МОНИТОРИНГ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫДУВКИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ОБЪЕМОМ 5000 М<sup>3</sup> С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗОТА

*1 – ИЧМ НАНУ, 2 – ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог»*

Целью работы является разработка рекомендаций по выдувке доменных печей с максимальным сохранением элементов футеровки и холодильников шахты, горна, колошниковой защиты и БЗУ. На примере ДП № 9 разработана программа выдувки печи с применением азота, что обеспечило минимизацию вредных для печи последствий, наносимых футеровке в результате заливки печи водой, снизило вероятность образования взрывоопасной смеси газов водорода и кислорода. Дана оценка эффективности использования дутья, обогащенного азотом.

### **доменная печь, выдувка, элементы футеровки, азот**

**Современное состояние вопроса.** Исторически на доменных печах использовалось три технологии выдувки доменной печи: с применением известняка, коксового мусора и подачи воды на колошнике [1]. На сегодняшний день наиболее распространенной и принятой в мире является выдувка доменной печи с применением подачи воды на колошнике. Количество воды подаваемой в печь выбирается таким образом, чтобы температура колошниковых газов не превышала 450<sup>0</sup>С. Такая технология выдувки имеет два существенных недостатка. При значительном количестве воды, подаваемой в печь струйным способом, и проникновении ее на горизонты с высокими температурами, где развивается процесс диссоциации воды на водород и кислород, может произойти неконтролируемое увеличение содержания водорода до 14–16% и образование взрывоопасной смеси. В случае попадания воды на разогретую футеровку происходит ее разрушение.

**Цель и постановка задачи.** Исходя из конъюнктурно–кризисных условий на рынке сбыта металлопродукции в 2008 году возникла необходимость в выдувке ДП–9 ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» на консервацию. Одной из первостепенных задач при выдувке печи являлось обеспечение максимально возможного сохранения футеровки и холодильников шахты, распара, заплечиков, горна, колошниковой защиты и БЗУ. С целью минимизации вредных для печи последствий наносимых заливкой ее водой, снижения вероятности образования взрывоопасной смеси газов водорода и кислорода при участии ИЧМ НАНУ для ДП № 9 была разработана и принята программа выдувки печи с применением азота. Положения технологии выдувки ДП №9 с применением дутья обогащенного азотом разрабатывались с учетом теоретических и практических наработок по его применению при задувках и работе доменных печей [2 – 4].

**Методика исследования.** Выполненные расчеты с использованием балансовой теплоэнергетической модели доменной плавки, теплогазодинамических моделей сухой и фурменной зоны доменной печи показали, что выдувка с применением дутья, обогащенного азотом, позволяет снизить температуры в фурменной зоне и на колошнике, уменьшить выход горнового газа [2,3,5–7]. Это способствует охлаждению коксовой насадки, развитию центрального распределения газового потока, более равномерному распределению температур по высоте печи, сохранению футеровки, холодильников и купола доменной печи, поступлению в горн хорошо прогретых продуктов плавки, улучшению дренажной способности коксовой насадки. Учитывая требования технологической инструкции по обязательному обеспечению устойчивости теплового состояния печи перед ее выдувкой, подачу азота целесообразно осуществлять не менее чем за 12 часов до снижения рабочих газодинамических параметров печи (рис.1, 2).

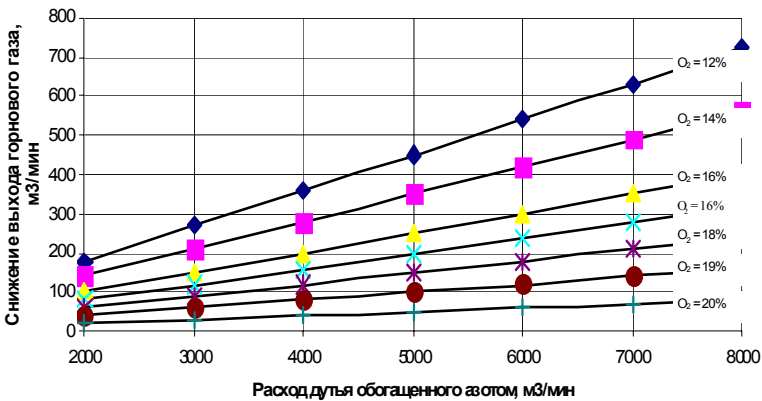


Рис. 1. Снижение выхода горновых газов в зависимости от расхода дутья и концентрации кислорода в нем

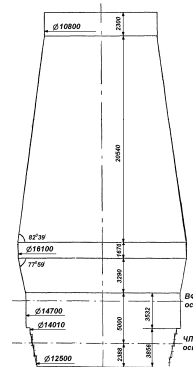
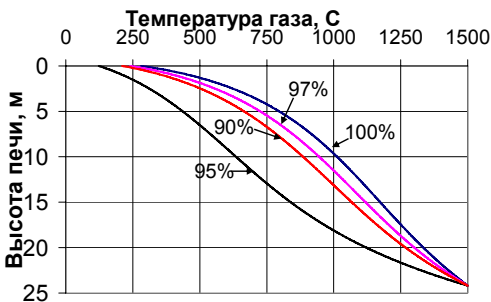


Рис. 2. Влияние выхода колошниковых газов на температуру газа в печи. Цифрами у кривых обозначен расход газа в %

**Изложение основных материалов исследования.** Подготовка к выдувке печи началась за 10 суток до установленной даты выдувки 07.11.08 г. Программа выдувки ДП–9 включала основные технологические мероприятия по подготовке к выдувке и промывке рабочего пространства печи, режима загрузки и, рекомендуемые параметры работы печи во время выдувки, методы контроля параметров, мониторинга теплового и технического состояния печи. Достижение поставленных целей осложнялось неустойчивой работой печи на момент принятия решения о ее выдувке. В это время уровень производства составлял 35–40% от проектного, печь работала с низкой интенсивностью дутьевого режима и малой тепловой мощностью. Расход дутья в подготовительном периоде изменялся в пределах  $6200 \div 7200$   $\text{м}^3/\text{мин}$ . (от 1,20 до 1,44  $\text{м}^3/\text{м}^3$  объема печи) при массовом содержании кислорода в дутье  $21,0 \div 21,5\%$  и расходе природного газа на уровне  $6000 \div 7000$   $\text{м}^3/\text{час}$ . Неустойчивость работы печи в этот период усугубила подача в печь кокса низкого качества, что привело 03–04.11.2008 г. к похолоданию печи, содержание кремния в чугуне снизилось до  $0,25 \div 0,35\%$ , а содержание серы повысилось до  $0,066 - 0,083\%$ . Для повышения нагрева печи и стабилизации ее теплового состояния рудная нагрузка была уменьшена. К началу выдувки в печи выплавляли литейный чугун с температурой порядка  $1500^\circ\text{C}$  при содержании кремния до 2% и серы  $0,008 \div 0,024\%$ .

Азот был подан в печь 07.11.2008г. в  $9^{00}$  часов за шесть часов до прекращения загрузки шихты, и подавался в течение 18 часов. По причине невозможности открыть шибер азотопровода, подводящего азот к воздухонагревателям, азот подавался к воздухонагревателям через шибер байпаса, в результате чего объем подачи азота составлял порядка  $170$   $\text{м}^3/\text{мин}$ , вместо ожидаемых  $600-1000$   $\text{м}^3/\text{мин}$ . Ввиду малого количества азота, подаваемого в печь, его потенциал, при выдувке ДП№9, не был в полной мере использован.

Подача азота позволила снизить выход колошникового газа в среднем на 2%. Выполненные оценочные расчеты показали, что это способствовало снижению температуры колошникового газа в среднем на  $25^\circ\text{C}$ . С  $15^{00}$  часов для снижения температуры колошникового газа в печь через колошник подавалась вода. Оценочный расчет снижения температуры колошникового газа за счет подачи воды в печь через колошник выполнен с допущением о том, что вода превращается в пар и не перегревается. Результаты расчета показали, что для снижения температуры колошникового газа на  $25^\circ\text{C}$  необходимо  $10$   $\text{м}^3/\text{час}$  воды. Расход воды на заливку кокса составлял  $120$   $\text{м}^3/\text{час}$ .

По данным выдувки ДП№9 (рис.3–7) выполнен теплогазодинамический оценочный расчет прогрева шихты и параметров колошникового газа, который подтверждает определяющее влияние выхода горнового газа на температуру колошникового (рис. 8). Расчет выполнен без учета заливки кокса водой.

На основании расчетных данных температуры колошникового газа и фактических данных о выходе колошникового газа в 17.30 и 22.20 7.11.2008г. выполнен оценочный расчет необходимого количества азота подаваемого с дутьем в печь для снижения выхода и температуры колошникового газа (табл.1,2). Приведенные результаты указывают на возможность существенного сокращения воды в два и более раза за счет использования при выдувке печи дутья обогащенного азотом.

Таблица 1. Прогноз возможности снижения выхода и температуры колошникового газа, по данным работы ДП 9 в 17часов 30 минут, за счет в несения в дутье дополнительного количества азота

Выход кол. газа, %	100%	97%	95%	90%
Дополнительный расход азота, м <sup>3</sup> /мин	–	360	600	1200
Температура колошникового газа, °С	849	805	766	656

Таблица 2. Прогноз возможности снижения выхода и температуры колошникового газа, по данным работы ДП 9 в 22часов 20 минут, за счет в несения в дутье дополнительного количества азота

Выход кол. газа, %	100%	97%	95%	90%
Дополнительный расход азота, м <sup>3</sup> /мин	–	150	250	500
Температура кол. газа, °С	702	672	651	596

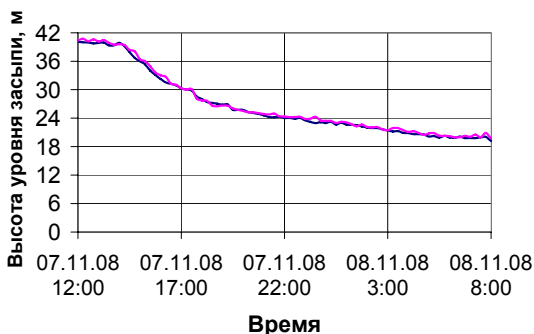


Рис. 3. Изменение уровня засыпи в период выдувки печи

Таким образом, обогащение дутья азотом при выдувке печи позволяет выбрать рациональный расход воды на заливку кокса и довести его до минимума. Это снижает вредное воздействие воды на футеровку и уменьшает обогащение колошникового газа водородом в результате термической диссоциации части воды, попадающей в печь, что делает колошниковый газ менее взрывоопасным.

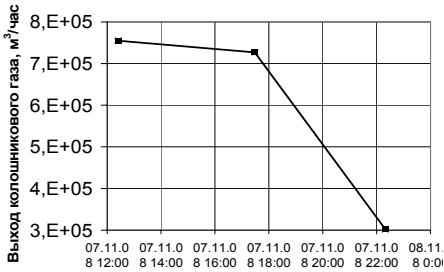


Рис. 4. Выход колошникового газа, м<sup>3</sup>/час

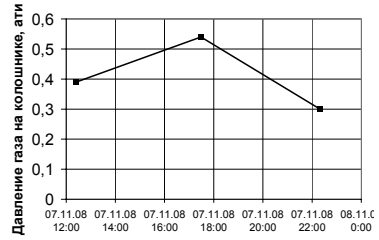


Рис.5. Изменение давление газа на колошнике, ати

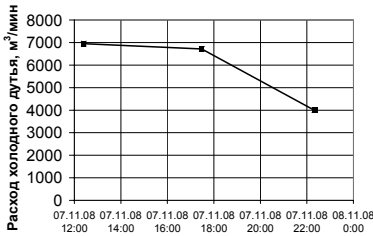


Рис.6. Изменение расхода холодного дутья, м<sup>3</sup>/мин

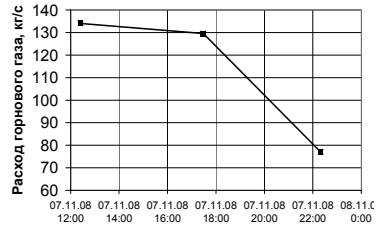
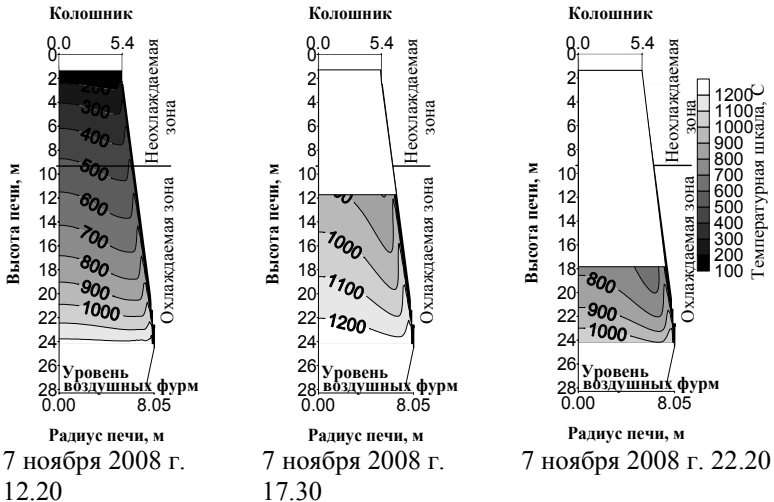


Рис. 7. Изменение расхода горнового газа, кг/с



Во время промывки и выдувки ДП №9 с 4 по 11 ноября 2008 г. осуществлялся мониторинг теплового состояния печи и эффективности работы системы охлаждения с использованием информации о тепловых потерях в системе.

теме охлаждения, температур кожуха и кладки [8, 9]. С помощью радиационного пирометра измерена температура кожуха печи и построены (в работе принимал участие Горупаха В.В.) карты термограмм распределения поля температур на его поверхности (рис. 9, 10). Это позволило уточнить характер распределения тепловых нагрузок и износа шахты, металлоприемника и в дальнейшем использовать показания, установленных в кожухе на 7 горизонтах 56-ти стационарных термопар (рис.11–18)

Анализ термограмм кожуха металлоприемника показал, что максимальные тепловые нагрузки распределены в районе 1 – й и 2 – й чугунных леток (рис.9–10). Эти результаты подтвердили показания системы «Разгар», контролирующей на ДП №9 остаточную толщину футеровки и гарнисажа в металлоприемнике. Правильный выбор места и направления сверления «козловой» летки обеспечил достаточно полный выход «козлового» чугуна в количестве ~735т.

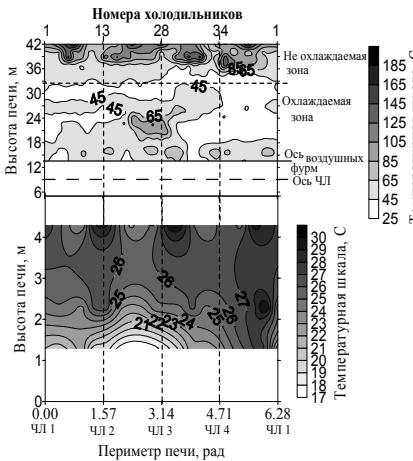


Рис. 9 Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным ручных замеров 04.11.08 г.

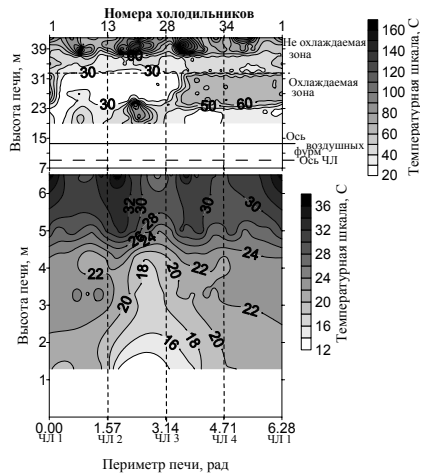


Рис. 10 Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным ручных замеров 05.11.08г.



Рис. 11. Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ

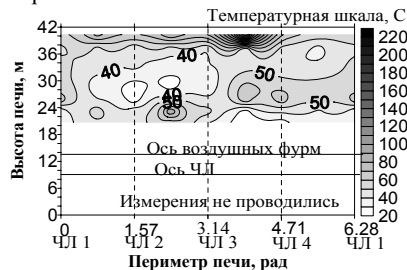


Рис. 12. Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ

04.11.08г.

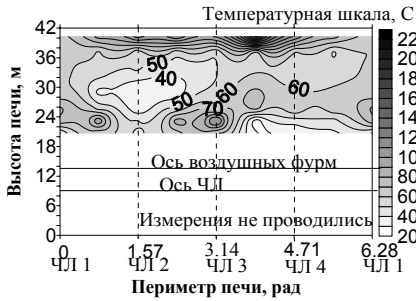


Рис. 13. Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ 06.11.08г.

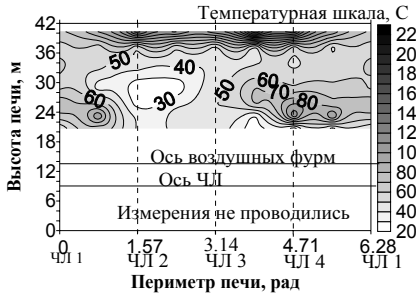


Рис. 15 Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ 07.11.08г. 13:00

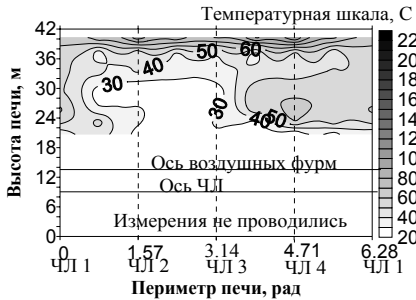


Рис. 17. Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ 08.11.08г. 3:00

05.11.08г.

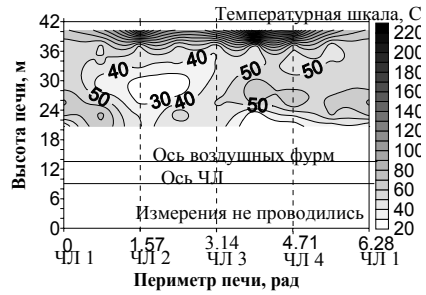


Рис. 14. Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ 07.11.08г. 8:38

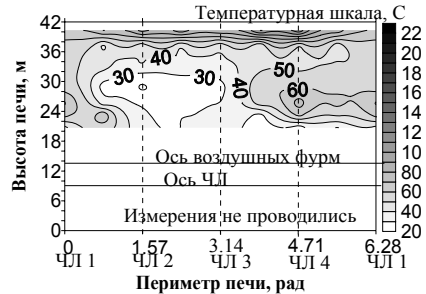


Рис. 16 Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ 07.11.08г. 22:00

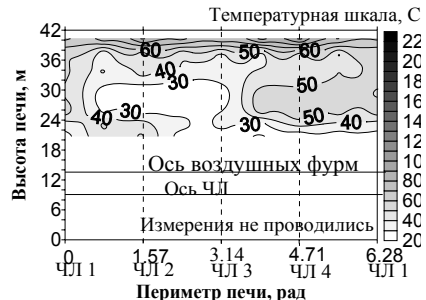


Рис. 18. Термограмма развертки кожуха ДП № 9 АМКР по данным АСУ 08.11.08г. 8:00

Максимальные температуры брони порядка 200–350<sup>0</sup>С зафиксированы в районе монтажного люка, перегиба кожуха в районе газоотводов и газоотборных машин. Визуальное наблюдение после остановки печи показало отсутствие в этих местах футеровки (рис.19). Результаты сопоставления полученных данных о температурном поле кожуха неохлаждаемой части шахты и охлаж-

даемой в районе 6, 7 и 8 рядов холодильников с ранее выполненными исследованиями в 2005 и 2007 годах, указали на сохранившуюся футеровку, что и было подтверждено визуальным наблюдением после остановки печи 08.11.08 г. (рис.9–17) [8,9].

В охлаждаемой части шахты максимальные тепловые нагрузки зафиксированы в районе 1–4 ряда холодильников. Тенденция роста тепловых нагрузок в этих поясах холодильников наблюдалась с момента задувки ДП 9 в 2003 году, что связано с особенностями геометрии профиля печи. По периметру охлаждаемой части шахты печи тепловые нагрузки распределены неравномерно и отличаются в 5 – 9 раз, что свидетельствует о неравномерности износа профиля доменной печи и отклонении газового потока в периферийную зону печи в районе 3 и 4 чугунных леток (рис. 9 – 18). В этих местах, в связи с разрушением тела и змеевиков холодильников, организован наружный полив брони. Визуальный осмотр шахты печи после ее выдувки показал максимальный износ холодильников в этом секторе печи (рис. 19).

Максимальный износ кладки и холодильников в районе 3–й и 4–й чугунных леток наблюдался и в предыдущую кампанию печи. Это обусловлено особенностями распределения дутья по фурмам от кольцевого воздухопровода, сопряжением его с граммофонами и распределением шихтовых материалов. Меньший расход дутья в районе 3–й и 4–й чугунных леток являлся причиной большего износа шахты.

Анализ изменения температурного поля шахты печи показал, что в процессе промывки, перехода на литейный чугун и выдувки печи удалось избежать критических температурно–тепловых нагрузок на кожу печи и систему охлаждения.



Рис. 19. Фотографии рабочего пространства печи после ее выдувки

Выполненные измерения и визуальный осмотр состояния шахты печи показали, что шахта по окончании пятилетней кампании печи находится в хорошем состоянии, чему способствовало центральное распределение газа во время работы и испарительная система охлаждения 5–го – 8–го рядов холодильников шахты. Исключением является район 3–й и 4–й чугунных леток, что связано с



особенностями теплового и газодинамического режима работы печи в этом секторе.

Для оценки динамики изменения теплового состояния печи в процессе ее промывки, перехода с передельного на литейный чугун и выдувки, определялись суммарные тепловые потери на основе информации о расходе и температуре входящей и выходящей воды из печи (рис.20–21). Как показали выполненные измерения, и предварительные проработки, данная информация позволяет оперативно определять разогрев и охлаждение печи. Как следует из рис.20–21, информация о тепловых потерях позволяет прогнозировать на более ранних стадиях физический и химический прогрев чугуна.

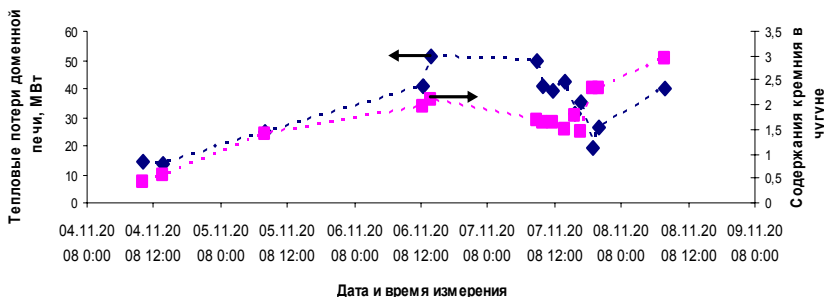


Рис. 20. Динамика изменения тепловых потерь в системе охлаждения печи и содержания кремния в чугуне

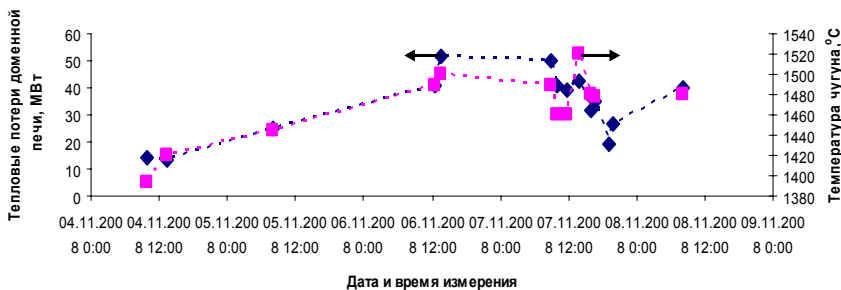


Рис. 21 Динамика изменения тепловых потерь в системе охлаждения печи и температуры чугуна

Суммарные тепловые потери в период выдувки достигали 52 МВт, что выше, максимально зафиксированных ранее на 4 МВт, в том числе, и при выдувке в 2003 году, однако, не превышали максимально зафиксированных на печах сопоставимого объема (табл. 3) [5, 10]. В процессе выдувки они снижались по мере уменьшения рудной нагрузки в шахте (проплавления чугуна) и количества дутья. Это обусловлено рациональным сопряжением давления дутья и газов по высоте печи, перераспределением газового потока к центру печи. Тепловые потери изменяются в зависимости от теплового со-

стояния печи, схода гарнисажа и распределения газового потока. Максимальный эффект от использования информации о суммарных тепловых потерях в системе охлаждения доменной печи для предупреждения «расстройств» в ее работе, будет получен при измерении тепловых потерь в автоматическом режиме. На основе результатов инструментальных замеров температуры кожуха печи и данных АСУ, испытана методика контроля расположения коксовой насадки.

Таблица 3. Тепловые потери доменной печи № 9, кВт.

Зона охлаждения	Распределение газового потока в печи						
	Центральное						Периферийное
	перед ремонтом			после ремонта			
	14.09.82	5.08.83 <sup>*1)</sup>	7.05.03 <sup>*2)</sup>	19.12.83	26.01.84	18.08.07	по [4]
Лещады:							
нижняя	354	347	647	263	475	451	523
верхняя	632	623	641	252	298	962	992
Горн:	700	654	836	1387	1382	1558	1269
нижний	–	–	423	–	–	997	–
верхний	–	–	413	–	–	561	–
Чугунные летки	–	–	209	–	–	–	–
Фурменная зона	281	326	508	220	212	309	530
Фурменные приборы:	10244	10296	13980	13290	14129	10231	12000 <sup>*3)</sup>
фурмы	8123	8374	12000 <sup>*3)</sup>	11510	12277	8300 <sup>*3)</sup>	–
амбразуры	334	365	304	155	177	267 <sup>*7)</sup>	–
кадушки	373	394	378	265	315	345 <sup>*7)</sup>	–
сопла	1414	1163	1300	1360	1360	1319 <sup>*7)</sup>	–
Заплевачики	3298	3034	2380	1692	3259	4515	6285 <sup>*4)</sup>
Шахта	13595	14172	14340	1233	1490	13317	23432 <sup>*4)</sup>
Воздушное охлаждение лещади	442	–	–	233	369	–	–
Излучением и конвекцией от печи	–	2908	–	–	825	–	–
Итого <sup>*5)</sup>	29548	32360	33000	18570	22439	31344	45031
Общий тепловой расход <sup>*6)</sup>	32802	32756	36500	19395	23600	32911	48150

\*1) – ремонт печи I-го разряда выполнялся с 7.08.83 г. по 1.11.83 г.; \*2) – ремонт I-го разряда выполнялся с 11.05.03 г. по 14.11.03 г.; \*3) – оценены расчетом; \*4) – данные ВПИПЧЭО; \*5) – потери теплоты по замерам; \*6) – суммарные потери теплоты с учетом потерь теплоты конвекцией, излучением от кожуха и охлаждения лещади воздухом; \*7) – средняя величина для ДП №9.

Расположение и размеры основания коксовой насадки определялись по разгару лещади металлоприемника, с использованием показаний системы «Разгар» (рис.22). Как показали исследования, меньший разгар наблюдается в секторе 4 чугунной летки, что позволяет предположить смещение основания коксовой насадки в этом районе (рис. 22).

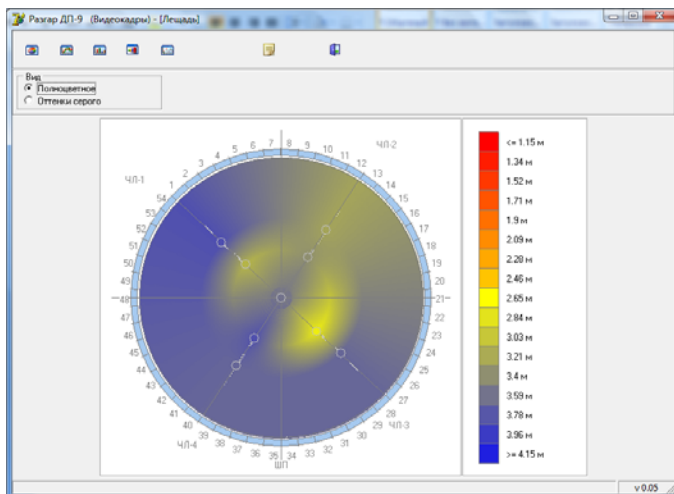


Рис. 22 Поверхность разгара центральной части лещади ДП № 9

По характеру температурного поля лещади, горна и шахты определялось

смещение коксовой насадки в радиальном направлении в сторону шихтоподачи, сектор 3-й и 4-й чугунных леток (рис.9–10,22). Это связано с тем, что тепловая работа этого сектора менее интенсивна: ввиду меньшего расхода дутья, проплавляется меньшее количество продуктов плавки, газовый поток смещен к периферии, гарнисаж в шахте и заплечиках менее устойчив, и, сползая в металлоприемник, вызывает его похолодание и налипает на стенки. В этом секторе печи наблюдались максимальные температуры и износ шахты, в металлоприемнике, наоборот, температуры были минимальны, а слой гарнисажа – увеличенный, перекося которого достигал ~1,0 м в сторону 1-й и 2-й чугунных леток.

Высота коксовой насадки определена на основе анализа показаний стационарных термопар, установленных в шахте и на периферии печи. Так, на ДП №9 периодически наблюдается, что на отметке 26,6 м показания стационарных термопар, установленных в кладке шахты печи, возрастают, а температура периферии убывает, и, наоборот. Это связано с неравномерным распределением газового потока и шихтовых материалов в радиальном направлении, что оказывает влияние на конфигурацию зоны когезии, расположение коксовой насадки и ее порозность. Исходя из выше сказанного, можно предположить, что зона вязко–пластичного состояния имеет W-образное очертание, это создает предпосылки к неустойчивости температурно–теплого поля и распределения газового потока и требует более глубокого изучения.

Визуальным наблюдением из монтажного люка и результатами замеров профиля коксовой засыпи после выдувки ДП №9 подтвердили, что вершина и сама коксовая насадка в ДП №9 смещена в сторону шихтоподачи.

**Заключение.** Использование азота при выдувке печи открывает дополнительные возможности для управления ее тепловым состоянием, позволяет снизить температуру колошникового газа и, тем самым, сократить расход воды на заливку коксовой насадки, что уменьшает негативное воздействие воды на футеровку, снижает концентрацию водорода в колошниковом газе за счет уменьшения интенсивности диссоциации воды, и, соответственно, снижает взрывоопасность колошникового газа. В сложившихся условиях выдувки ДП 9, подача азота способствовала снижению температуры колошникового газа в среднем на 25<sup>0</sup>С.

Технология применения азота при выдувке и задувке доменной печи имеет большой, далеко не полностью использованный, потенциал для формирования рациональных тепловых и газодинамических условий по высоте и радиусу рабочего пространства доменной печи.

Результаты мониторинга теплового состояния ДП 9 при ее промывке и выдувке показали, что термографический метод является мобильным и перспективным для контроля и повышения безаварийного ресурса работы доменной печи. Полученные результаты могут быть использованы для обоснования решений по выбору огнеупоров, конструкции холодильников и системы охлаждения при подготовке к ремонту печи.

Контроль изменения температуры кожуха в подготовительном периоде и при выдувке позволяет определить характер распределения тепловых нагрузок по высоте и периметру печи, дать рекомендации по усилению контроля и, в случае необходимости, по локализации мест перегрева брони с использованием наружного полива, уточнить характер износа футеровки металллоприемника и, тем самым, подтвердить правильность выбора летки для выпуска «козлового» чугуна.

Термограммы лещади, горна и шахты позволяют определить расположение коксовой насадки в рабочем пространстве доменной печи.

Оценка изменения температурного поля шахты печи показала, что в процессе промывки, при переходе на литейный чугун и выдувке печи удалось избежать критических нагрузок на кожух печи и систему охлаждения, что обеспечило эксплуатационную устойчивость печи в период выдувки.

Результаты выполненных замеров тепловых потерь в системе охлаждения ДП 9 показали их тесную связь с тепловым состоянием печи, распределением газового потока, физическим и химическим прогревом чугуна.

Наибольший эффект даст совместное использование термограмм и информации о тепловых потерях в системе охлаждения в составе АСУ ТП доменной печи для согласования тепловой и газодинамической работы верха и низа печи, своевременного предупреждения о сходе гарнисажа, образования настылей, регулирования противотока шихтовых материалов и газов, перераспределения потока газов в радиальном направлении.

1. *Остроухов М.Я.* Газовщик доменного цеха. Изд. третье. – Харьков, Гостехиздат, 1937. – 352 с.

2. *Задувка доменної печі об'ємом 5000 м<sup>3</sup> з використанням нагрітого азоту /* А.В.Бородулін, А.И.Васюченко, К.А.Дмитренко і др. // *Сталь.* – 2006. – №9. – С.6 – 9.
3. *Робота доменної печі з пониженою концентрацією кисню в дуттях /* М.Д.Жембус, А.И.Васюченко, А.В. Бородулін і др. // *Металургічна та горнорудна промисловість.* – 1987. – №4. – С.11 – 12.
4. *Охлаждение и нагрев коксовых насадок при выдувках и задувках доменных печей /* Н.С.Иноземцев, Г.В.Коршиков, В.В.Капорулін і др. // *Ліпечкий державний технічний університет. Сб.науч.трудов. Часть 1. Современная металлургия начала нового тысячелетия:–* Ліпечк. ЛГТУ, 2005 – С.56–60.
5. *Домна в энергетическом измерении /* А.В.Бородулін, А.Д.Горбунов, Г.И.Орел і др. – *Кривий Ріг: Издательство СП «Мира», 2004.* – 436 с.
6. *Математическое моделирование и анализ процессов теплообмена и газодинамики в верхней зоне доменной печи с целью обеспечения надежной работы ограждения /* А.А.Сохацкий, И.А.Лукьяненко, Г.Т.Цыганков і др. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. науч. тр. ИЧМ.* – 2007. – Вып. 15. – С.50–60.
7. *Аналитические исследования процессов в фурменной зоне и их приложения /* А.Л.Чайка, А.Л.Ручаевский, А.В.Лычев і др. // *Черные металлы. Материалы конференции к 100 летию А.Н.Рама.* – 2003. – №12. – С.8 – 13.
8. *Тепловая работа ограждения доменных печей и новые методы ее контроля /* А.В.Бородулін, Я.М.Гордон, О.В.Дубина і др. // *Академия инженерных наук на Урале: науч.–практ. и организационная деятельность на рубеже веков. В 4 – х томах. Том 4, часть 2. Тр. межд. науч.–практ. конференции АИН им. А.М. Прохорова «Топливо–энергетический комплекс».* Науч. рук. конференции – проф., д–р техн. наук В.Г. Лисиенко. Екатеринбург: РУО АИН. 2007. – С.191 – 197.
9. *Термографический метод обследования доменных печей и его приложения /* А.Л.Чайка, А.А.Сохацкий, И.А.Лукьяненко і др. // *Труды XV международной конференции «Теплотехника и энергетика в металлургии».* – Днепропетровск, 7–9 октября, 2008. – С.262–264.

*Статья рекомендована к печати:  
ответственный редактор  
раздела «Доменное производство»  
академик НАН Украины В.И.Большаков,  
рецензент докт.техн.наук, проф. И.Г.Товаровский*

***О.В.Бородулін, К.О.Дмитренко, М.М.Можаренко, С.В.Нинь, Д.В.Пінчук,  
О.А.Сохацький, О.Л.Чайка***

**Моніторинг і теплотехнічний аналіз видування доменної печі об'ємом 5000 м<sup>3</sup> із застосуванням азоту**

Метою роботи є розробка рекомендацій щодо видувки доменних печей з максимальним збереженням елементів футеровки і холодильників шахти, сурми, колошникового захисту і без конусних завантажувальних пристроїв. На прикладі ДП № 9 розроблено програму видувки печі із застосуванням азоту, що забезпечило мінімізацію шкоди футеровці внаслідок заливки печі водою, понизило вірогідність утворення вибухонебезпечної суміші газів водню і кисню. Наведено оцінку ефективності використання збагаченого азотом дуття.