

Все тела с промышленным содержанием CaF_2 (среднее 43 %) жильного выполнения и гидротермально-метасоматического замещения, сложные по форме, с раздувами и пережимами, мощностью от 1 до 14 м, вертикальный размах оруденения — до 350 м. По составу руды селлаит-флюоритовые с тальком, флюоритовые, кальцит-(кварц)-флюоритовые. По данным специальных исследований, флюориты являются высококачественным сырьем для металлургии, химической промышленности, а также применимы для изготовления сварочных электродов и в оптике.

С 1996 г. работы по геологическому доизучению и опытно-промышленная разработка производились АОЗТ «Горная компания Суран».

Технико-экономическое обоснование кондиций для подсчета запасов плавикового шпата Суранского месторождения, прошедших апробацию в ГКЗ МПР РФ 03.07.2002 г. (протокол 117к),

показало высокую эффективность обработки его открытым способом.

На 01.01.2005 г. добыто 135 тыс. т руды и 2721 т кускового плавикового шпата.

С 2006 г. месторождение, вскрытое карьером, находится в стадии смены недропользователя. Аукционы 2006 и 2007 гг. не состоялись из-за отсутствия достаточно необходимого количества участников. Вместе с тем состояние карьера, полная его бесхозность может привести к значительным затратам по восстановлению месторождения.

Для решения одной из главных задач — приближение производителей продукции передела к потребителю представляется целесообразным осуществить скорейшую передачу в недропользование Суранского месторождения, что будет способствовать наряду с другими мероприятиями обеспечению условий прироста запасов остродефицитного сырья металлургического назначения.

Аглодоменное производство

УДК 669.162

*С. Л. ЯРОШЕВСКИЙ, С. Р. ИСЛАМОВ, А. В. КУЗИН, З. К. АФАНАСЬЕВА
(Донецкий национальный технический университет,
энерготехнологическая компания «Сибтермо»)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ БУРОУГОЛЬНОГО ПОЛУКОКСА В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

Последние 20–25 лет характеризуются качественным и количественным повышением использования пылеугольного топлива (ПУТ) в доменных печах. В 2004 г. около половины производимого в мире чугуна (300 млн т/год) выплавлялось с применением ПУТ и расходом кокса 250–350 кг/т чугуна. Это более 120 современных доменных печей в 25 странах мира с расходом ПУТ 100–250 кг/т чугуна, долей замены кокса углем 20–45 % [1–4]. Очевидно, что в ближайшие 20–30 лет основой дальнейшего развития и повышения эффективности доменной технологии будет применение ПУТ в количестве 200 кг/т чугуна и более.

Принимая во внимание изложенное, очевидно, что доменное производство в Украине и России качественно отстало от современного мирового технического уровня отрасли. Актуальность и перспективы применения ПУТ в доменной технологии в Украине и России определя-

ются возможностью как значительного сокращения или вывода из состава дутья доменных печей природного газа (ПГ), так и сокращением расхода кокса на 30–50 %. Освоение так называемой малококсовой технологии создает предпосылки для радикального снижения себестоимости чугуна, повышения рентабельности и конкурентоспособности отечественной черной металлургии.

Благодаря теоретическим разработкам, отечественному и зарубежному промышленному опыту массовое промышленное внедрение ПУТ-технологии в Украине и России подготовлено и обосновано как с точки зрения службы оборудования для реализации процесса, так и с точки зрения создания технологии доменной плавки с заменой ПУТ до 30–50 % кокса [1–4].

Массовое промышленное внедрение ставит на повестку дня проблему обеспечения пылеугольной технологии ресурсами низкотемпературных и

низкосернистых углей, годовая потребность которых в перспективе для России и Украины составит 10–20 млн т. Особенно остро стоит данная проблема для Украины, где ощущается острый дефицит указанных углей. В меньшей степени, но также актуален этот вопрос и для России.

Решению проблемы обеспечения массового промышленного внедрения ПУТ-технологии ре-

сурсами углей может способствовать использование для приготовления ПУТ бурогоугольного полукокса (БПК), содержащего менее 10 % золы и 0,3 % серы, производимого из бурых углей Канско-Ачинского месторождения, ресурсы которых составляют более 100 млрд т. Мощные пласты угля (до 100 м и более) и открытая добыча определяют снижение их себестоимости в десятки раз по сравнению с углями Донбасса.

База углей для обеспечения массового промышленного внедрения ПУТ-технологии

Теоретические исследования и массовый промышленный опыт показывают, что зольность и сернистость углей для приготовления ПУТ должны быть ниже, чем у применяемого на данном предприятии кокса [1]. По мере снижения значений указанных показателей эффективность применения ПУТ значительно возрастает (табл. 1).

Успешное решение вопроса о ресурсах углей в решающей мере определяет перспективы и эффективность внедрения ПУТ-технологии.

Как показывает массовый зарубежный опыт, обеспечение ПУТ-технологии углем в значительной мере (на 50–60 %) может быть решено за счет соответствующего применению ПУТ сокращения производства кокса: на производство ПУТ может идти слабоспекающаяся часть коксошихты, а вторая часть — в коксошихту производимого кокса [3, 5].

Оставшаяся потребность — 40–50 % угля для производства ПУТ — может быть “закрыта” слабоспекающимися углями Кузнецкого бассейна, например, с разрезов Мощный, Бачатский и других, для чего необходимо расширение объема производства и соответствующие капитальные вложения.

В равной степени указанный дефицит может быть “закрыт” полукоксом бурых углей Канско-

Ачинского угольного месторождения. Данные угли отличаются высокой стабильностью химического и минерального состава, благоприятным химическим анализом. Так, для пласта Верхнесырский зольность чистого угля равна 6 %, выход на горючую массу летучих — 48 %, содержание углерода — 74,1 %, водорода — 53 %, кислорода — 19,7 %, серы — 0,2 %. Химический состав золы характерен повышенным содержанием CaO и MgO.

Существенный недостаток углей Канско-Ачинского месторождения — повышенные влажность и выход летучих — может быть устранен после коксования углей. Данный метод обработки бурых углей освоен в промышленном масштабе, подготовлена перспектива массового производства полукокса из бурых углей Канско-Ачинского месторождения [6].

Расчеты показывают, что БПК имеет ряд преимуществ по сравнению с углями Кузнецкого бассейна при использовании его в качестве сырья для производства ПУТ для доменных печей. Сказанное подтверждается выполненными расчетами, успешным промышленным опытом применения ПУТ из БПК в доменной плавке [6, 7].

Особенности применения в доменной плавке ПГ и ПУТ

Поскольку последствия вдувания дополнительных топлив можно рассчитать, то очевидно, что одновременно с увеличением расхода дополнительного топлива необходимо применять соответствующие изменения, так называемые “компенсирующие мероприятия”, которые должны нейтрализовать негативное влияние комбинированного дутья на технологический режим.

Для характеристики влияния дополнительных топлив на тепловой и газодинамический режимы плавки, условия сгорания топлива и нагрева шихты использовали уравнения и методики А.Н. Рамма, Б.И. Китаева, В.И. Бабия и другие [8–10].

Для оценки эффективности компенсирующих мероприятий использовали понятие суммарного коэффициента замены (ΣK_3) кокса дополнитель-

ным топливом:

$$\Sigma K_3 = \frac{\Delta Q_{\text{КДТ}} + \Delta Q_{\text{ККМ}}}{\Delta Q_{\text{ДТ}}},$$

где $\Delta Q_{\text{КДТ}}$ и $\Delta Q_{\text{ККМ}}$ — экономия кокса за счет повышения расхода дополнительного топлива и реализованных компенсирующих мероприятий, кг/т чугуна; $\Delta Q_{\text{ДТ}}$ — прирост расхода дополнительного топлива, кг/т чугуна.

Расчеты, выполненные по указанным методикам, отечественный и зарубежный промышленный опыт применения ПУТ показывают, что при величине суммарного коэффициента замены (ΣK_3), равной 1 и более, по мере увеличения расхода топлива не происходит негативных изменений в состоянии технологического режима, которые бы снижали эффективность его применения и величину оптимального расхода. Следова-

тельно, в этом случае обеспечена полная и комплексная компенсация негативного влияния дополнительных топлив на технологию доменной плавки.

Показано, что ΣK_3 , обеспечивающий полную и комплексную компенсацию, для ПГ в 2—3 раза выше, чем для ПУТ. Следовательно, в реальных технологических условиях доменных цехов вдувание ПУТ может быть компенсирующим фактором, обеспечивающим за счет соответственного снижения расхода ПГ, повышение суммарного расхода дополнительного топлива (ПГ + ПУТ) и дальнейшее снижение расхода кокса.

Наравне с природным газом эффективными компенсирующими факторами являются снижение зольности и сернистости ПУТ, улучшение прочностных показателей и фракционного состава кокса, повышение температуры дутья, давления газа на колошники, снижение выхода шлака и расхода флюса, содержания мелочи 5–0 мм в шихте и др.

Для оценки возможности реализации расчетных технологических режимов предложены определяющие параметры.

Расчет оптимального технологического режима при вдувании в горн ПУТ и ПГ

Расчеты с вдуванием в горн ПУТ выполнены для основных металлургических предприятий России: Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК), Магнитогорского металлургического комбината (ММК), «Северстали», «Мечела», ЗСМК.

Для приготовления ПУТ применены угли Бачатского разреза и БПК из углей Канско-Ачинского месторождения (табл. 2). В качестве компенсирующего мероприятия использовано снижение расхода ПГ. Основные результаты расчета приведены на рис. 1 и 2.

Оптимальным технологическим режимом при вдувании в горн ПУТ из угля Бачатского разреза являются его расход 160 кг/т при величине коэффициента компенсации ПУТ природным газом (K_k) 0,45 м³/кг (см. рис. 1). Данный режим обеспечивает снижение расхода кокса на 92,1 кг/т чугуна (21,3 %), природного газа на 72,0 м³/т чугуна, (78,4 %), условного топлива на 26,2 кг/т чугуна (4,7 %), а также снижение себестоимости чугуна на 97,2 руб/т при практически неизменной производительности печи.

Показано, что при достигнутых уровне качества кокса, железорудного сырья, параметрах температурно-дутьевого режима, в диапазоне расхода кокса 250–600 кг/т чугуна маловероятна возможность превышения: скорости газа в распаре — 20 м/с, рудной нагрузки — 6,0 т/т кокса, выхода горнового газа — 4,5 тыс. м³/т кокса, количества мелочи 5–0 мм в железорудной шихте — 500 кг/т кокса, выхода шлака — 1100 кг/т кокса.

Указанные значения определяющих параметров рассматривались авторами как граничные, предельные, разделяющие области реально достижимых и маловероятных режимов доменной плавки с применением ПУТ.

Методика расчета показателей доменной плавки с применением больших количеств ПУТ разработана на основе работ А.Н. Рамма [8].

Программы написаны в базе данных Microsoft Access. Для выполнения расчетов использованы IBM ATX совместимые персональные компьютеры Intel Celeron 1200 и выше.

Эффективность применения ПУТ из БПК при прочих равных условиях выше, чем ПУТ из бачатского угля (см. рис. 2).

При той же оптимальной величине K_k , равной 0,45 м³/кг, и расходе ПУТ 160 кг/т чугуна снижение расхода кокса увеличилось на 16,6 кг/т (3,8 %), условного топлива — на 16,5 кг/т (2,9 %), себестоимости — 26,9 руб/кг при улучшении производительности печи (+1,8 %) и качества чугуна по содержанию серы — 0,004 %.

Из рис. 1 и 2 следует, что основными факторами, определившими преимущества ПУТ из БПК, являются снижение расхода флюса (–7,0 кг/т), выхода шлака (–12,9 кг/т), прихода серы с шихтой — 0,55 кг/т (~20 %) чугуна, выхода колошниковых газов на 1 т чугуна (118,0 м³/т), повышение степени использования восстановительного потенциала СО на 0,022 (4,4 %) и др.

Аналогичные показатели применения ПУТ (140 кг/т чугуна) получены для других металлургических предприятий России (табл. 3).

ТАБЛИЦА 1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВДУВАНИЯ ПУТ В КОЛИЧЕСТВЕ 160 кг/т ЧУГУНА ИЗ УГЛЯ МАРКИ Т (БАЧАТСКИЙ РАЗРЕЗ) ДЛЯ УСЛОВИЙ ДП № 3 "ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА" (ЗСМК) (база — 2006 г.)

Показатель	Содержание золы, %										Содержание серы, %				
	5,0	7,5	11,3	14,0	17,0	30,0	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5			
Производительность, %	100,2	99,6	98,9	98,3	97,7	93,7	100,1	97,8	97,0	95,6	94,7	93,9			
Сумма кокса и коксового ореска, кг/т чугуна	317,4	323,6	333,3	340,3	348,1	362,8	329,6	337,0	341,0	345,7	350,0	353,1			
Расход:															
природного газа, м ³ /т чугуна	24,0	25,5	27,5	28,7	30,0	60,0	26,0	27,5	28,5	30,0	30,5	31,5			
условного топлива, кг/т	518	526	539	547	557	611	533	543	548	555	560	564			
флоса, кг/т чугуна	0,0	1,0	7,6	12,3	17,6	38,4	0	19,3	32,5	49,7	62,0	72,0			
Выход шлака, кг/т чугуна	353,4	360,5	371,4	379,1	387,7	421,9	363,1	379,1	386,2	396,2	403,8	409,8			
Основность (СаО+MgO)/SiO ₂	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,20	1,31	1,36	1,43	1,48	1,52			
Выход горючих газов, м ³ /т чугуна	1436	1450	1471	1484	1500	1638	1450	1483	1499	1525	1542	1557			
Выход восстановительных газов, м ³ /т чугуна	706	714	725	733	741	837	714	731	739	752	760	768			
Степень использования СО, доли	0,508	0,504	0,497	0,493	0,489	0,457	0,503	0,494	0,490	0,484	0,480	0,476			
Теоретическая температура горения, °С	2168	2167	2167	2168	2169	2068	2169	2170	2170	2169	2171	2171			
Снижение себестоимости чугуна с выпуска, руб/т	120,6	114,6	104,1	96,5	87,9	47,9	112,5	90,5	82,8	70,6	62,5	57,6			

ТАБЛИЦА 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ СОСТАВ УГЛЕЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПУТ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ЭТИХ УГЛЕЙ

Предприятие-поставщик	Технический анализ, %			Химический состав ПУТ, % (сухое беззольное состояние)								Содержание в золе, %		Цена ПУТ с учетом затрат на помол, у.е/т
	зола	летучие	сера	W	C ^p	H ^p	O ^p	N ^p	S ^p	W ^p	A ^p	CaO	SiO ₂	
БПК (разрез Березовский, Канско-Ачинское месторождение)	9,70	9,90	0,24	2,0	92,80	1,52	4,45	0,97	0,24	0,50	9,7	46,6	19,0	61,11
Бачатский	11,60	8,70	0,50	5,00	77,2	3,60	5,30	1,60	0,50	0,50	11,3	4,80	56,00	53,70
Бачатский 70 % + БПК 30 %	10,95	9,06	0,42	4,1	78,82	2,98	5,05	1,41	0,42	0,5	10,82	12,27	51,86	55,93

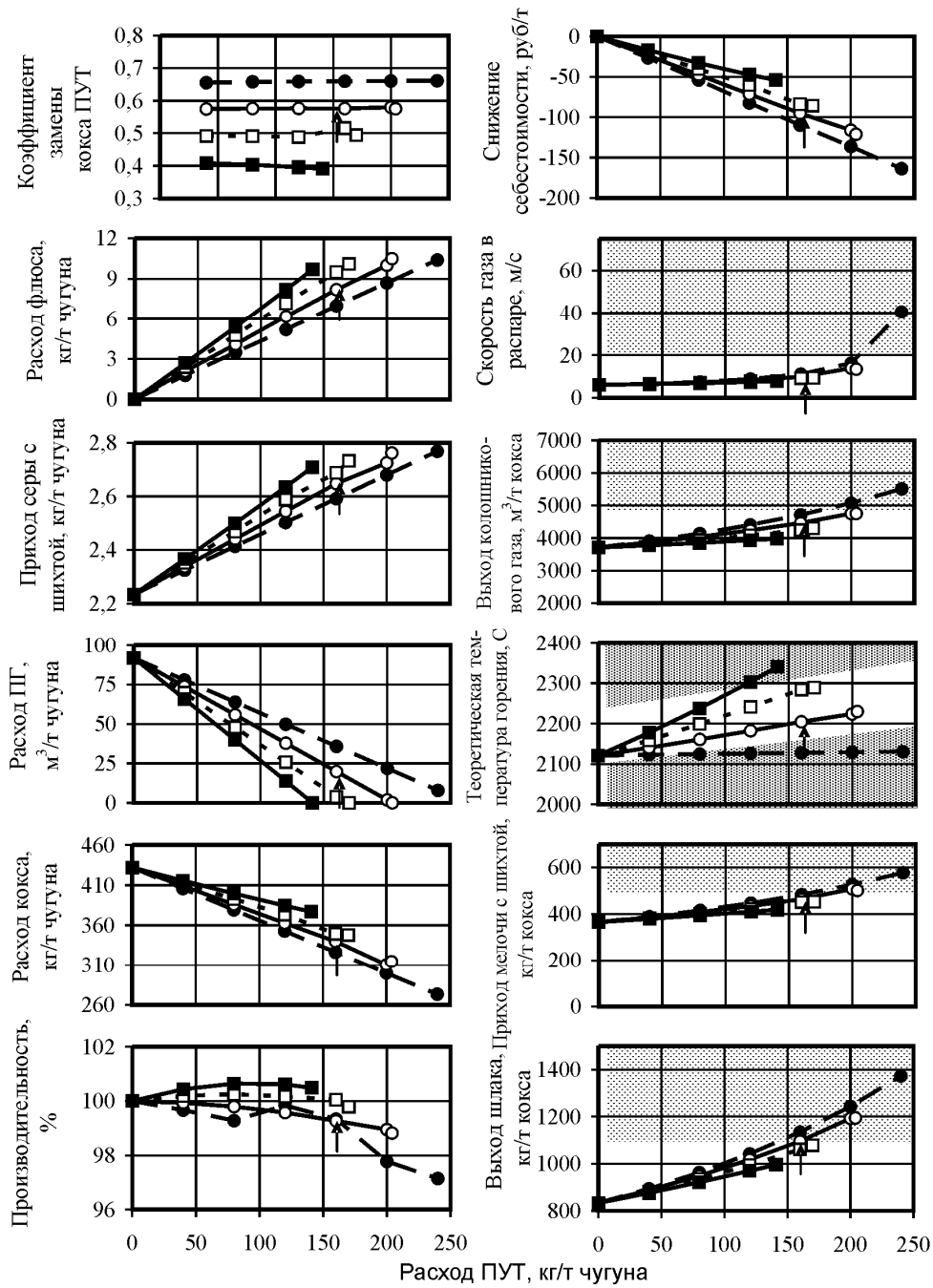


Рис. 1. Изменение основных технико-экономических показателей ДП № 3 ЗСМК от коэффициента компенсации ПУТ ПГ (ПУТ приготовлено из угля марки Т Бачатского разреза):
 ● — $K_k = 0,35$; ○ — $K_k = 0,45$; □ — $K_k = 0,55$; ■ — $K_k = 0,65$; заштрихованная область — малодостижимые или нереконструируемые режимы; стрелка — оптимальный расчет режима

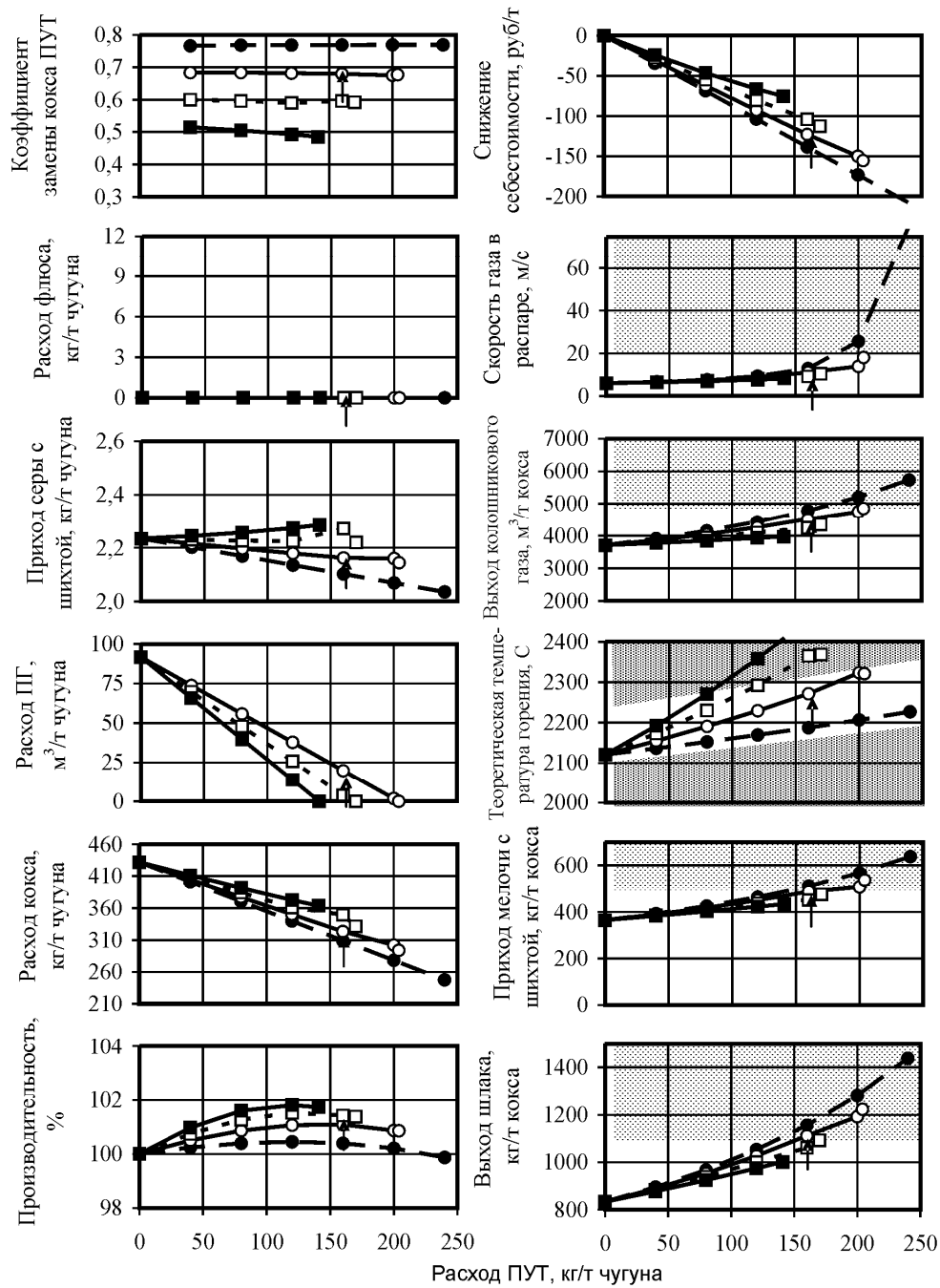


Рис. 2. Изменение основных технико-экономических показателей ДП № 3 ЗСМК от коэффициента компенсации ПУТ ПГ (ПУТ приготовлено из полукокса, угли Канско-Ачинского месторождения):
 ● — $K_k = 0,35$; ○ — $K_k = 0,45$; □ — $K_k = 0,55$; ■ — $K_k = 0,65$; заштрихованная область — малодостижимые или нерекомендуемые режимы; стрелка — оптимальный расчет режима

ТАБЛИЦА 3. РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ПЕРВОГО ЭТАПА ТЕХНОЛОГИИ ПУТ (140 кг/т чугуна) ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

Показатель	ДП № 4 "Мечела"	ДП № 10 ММК	ДП № 3 "Северстали"	ДП № 6 НЛМК	ДП № 3 ЗСМК
Изменение производительности печи, %	2,66	0,33	-0,38	0,23	-0,52
Снижение расхода:					
кокса* ¹	78,3/17,6	79,6/18,6	76/18,4	93,7/23	83/19,2
ПГ* ²	83,4/70,1	67,2/77	69,5/57	56,2/51	53,8/59
Коэффициент компенсации ПУТ-ПГ, м ³ /кг ПУТ	0,59	0,48	0,5	0,38	0,38
Приrost теоретической температуры горения, °С	148	126	108	53	99
Коэффициент замены кокса ПУТ, кг/кг	0,55	0,565	0,54	0,67	0,59
Снижение расхода условного топлива, кг/т чугуна	45	27	26,2	19,8	23,2
Снижение себестоимости чугуна, руб/т	112,7	90,6	74,8	104,8	98,9
* ¹ Числитель — кг/т чугуна, знаменатель — %.					
* ² Числитель — м ³ /т чугуна, знаменатель — %.					

Из изложенного следует, что в условиях России первый этап освоения ПУТ-технологии (140 кг/т чугуна) может быть осуществлен при исполь-

зовании в качестве основного компенсирующего мероприятия сокращения удельного расхода ПГ.

Возможная эффективность ПУТ-технологии для металлургических предприятий России

В ходе выполнения расчетов приняли, что минимальный уровень оптимального расхода топлива при освоении ПУТ-технологии равен 140 кг/т чугуна.

Для доменных печей Украины указанный минимальный уровень расхода ПУТ существенно ниже — 60–120 кг/т чугуна [11].

Данное обстоятельство объясняется более благоприятными шихтовыми и технологическими

условиями плавки в России — меньшие приходы с шихтой серы и щелочей, меньшие выход шлака и его основность, лучшее качество агломерата и окатышей и др.

Исходя из изложенного, для расчета эффективности ПУТ-технологии для металлургических предприятий России приняли следующие усредненные показатели:

Коэффициент замены кокса ПУТ (K_3)	0,65 кг/кг
Коэффициент компенсации ПУТ ПГ (K_K)	0,5 м ³ /кг
Расход угольной смеси на производство 1 т ПУТ	1,1 т
Расход ПУТ (1-й этап освоения технологии)	140 кг/т чугуна
Снижение себестоимости чугуна в результате освоения ПУТ-технологии	90 руб/т

В связи с изложенным очевидно, что как минимум в 2007–2010 гг. ПУТ-технология в России будет применяться в ограниченных масштабах.

В дальнейшем, по-видимому, развитие рыночных отношений и конкуренция, пример зарубежных стран, в том числе, возможно, и Украины, создадут предпосылки для реализации ПУТ-технологии в России.

Результаты оценки эффективности возможного массового промышленного внедрения ПУТ-технологии в 2012 г. на основных металлургических предприятиях в России приведены в табл. 4, из которой следует, что освоение пылеугольной технологии позволит использовать для выплавки 56,1 млн т чугуна и 8,6 млн т угля, заменить при этом ПУТ 5,1 млн т кокса, 3,9 млрд м³ ПГ,

получить снижение себестоимости чугуна на 5,3 млрд руб.

Ориентировочно затраты на строительство ПУТ-комплексов составят 15–20 млрд руб., т. е. окупаемость капитальных затрат составит три-четыре года.

В дальнейшем эффективность от внедрения ПУТ-технологии может быть значительно, вдвое и более, повышена благодаря:

- повышению оптимального расхода ПУТ до 160–200 кг/т чугуна в сочетании с реализацией комплекса компенсирующих мероприятий: повышение температуры дутья и содержания в нем кислорода, улучшение качества железорудной шихты и кокса и др.;

ТАБЛИЦА 4. ВОЗМОЖНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРВОГО ЭТАПА ПУТ-ТЕХНОЛОГИИ (140 кг/т чугуна) НА ОСНОВНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РОССИИ

Предприятие	Возможная годовая производительность цеха по чугуну, млн т*1		Потребность угля для производства ПУТ, тыс. т		Возможная экономия*2		
	общая	в том числе с ПУТ, млн т/%	общая	в том числе марок Г, БПК	кокса, тыс. т	ПГ, тыс. м ³	себестоимость, млн руб.
НЛМК	9,8	9,8/100	1509	453	892	686	931
“Мечел”	5,5	5,5/100	847	254	501	385	523
“Северсталь”	9,5	9,5/100	1463	439	865	665	903
ММК	9,0	9,0/100	1386	416	819	630	855
Нижнетагильский металлургический комбинат	6,7	6,7/100	1032	310	610	469	637
“Уральская сталь”	3,2	3,2/100	493	148	291	224	304
ЗСМК	6,0	6,0/100	924	277	546	420	570
Новокузнецкий металлургический комбинат	4,5	4,5/100	693	208	410	315	428
“Тулачермет”	1,9	1,9/100	293	88	173	133	181
Итого	56,1	56,1	8640	2593	5107	3927	5332

*1 Производительность доменных цехов принята ориентировочно исходя из показателей 2005–2007 гг.

*2 Во всех расчетах стоимость 1000 м³ ПГ принята равной 50 долл.

- повышению в смеси углей для производства ПУТ доли БПК до 50–100 %;
- сокращению производства кокса на 5,0 млн т/год и более, что обеспечит получение дополни-

тельных технологического, экономического и социального эффектов, сопоставимых с эффективностью от применения ПУТ.

Выводы

Технология доменной плавки с вдуванием в горн ПГ, требующая в России ежегодно на ее реализацию 5–6 млрд м³ ПГ, в сложившихся конъюнктурных и технологических условиях менее эффективна по сравнению с вдуванием ПУТ. Определяющими показателями, характеризующими преимущества ПУТ по сравнению с ПГ, являются возможность замены ПУТ в 2–3 раза большего количества кокса, частичная или полная замена ПГ, меньшая стоимость по сравнению с коксом и ПГ, наличие значительных запасов углей для приготовления ПУТ, отвечающих требованиям доменной технологии.

Общая конъюнктура, наличие ресурсов углей, уточнение экономического и технологического потенциалов ПУТ-технологии, массовое ее промышленное внедрение в 1985–2007 гг. за рубежом создают уверенность в том, что внедрение и повышение эффективности использования ПУТ в ближайшие 20–30 лет будет оставаться важнейшим мероприятием технического прогресса в доменной технологии.

В настоящее время Россия и Украина значительно отстали в реализации ПУТ-технологии от общего мирового уровня.

Благодаря теоретическим разработкам, отечественному и зарубежному промышленному опыту массовое промышленное внедрение ПУТ-технологии в Украине и России подготовлено и обосновано как с точки зрения службы оборудования для реализации процесса, так и с точки зрения создания технологии доменной плавки с заменой ПУТ до 30–50 % кокса.

Массовое промышленное внедрение первого этапа ПУТ-технологии в России (140 кг/т чугуна) в ближайшие три–пять лет обеспечит возможность снижения расхода кокса на 5,1 млн т/год, расхода ПГ — на 3,9 млрд м³, себестоимости чугуна — на 5,3 млрд руб. Окупаемость капитальных затрат на внедрение составит три–четыре года.

В перспективе в результате внедрения компенсирующих мероприятий и повышения расхода ПУТ на 1 т чугуна до 160–200 кг эффективность мероприятия может возрасти вдвое и более.

БПК полностью отвечает требованиям исходного сырья для производства ПУТ. Его несомненными преимуществами являются низкое содержание золы и серы, наличие в золе значительных количеств основных оксидов, низкая температура воспламенения, фактически неограниченные ресурсы. Благодаря данным особенностям при прочих равных условиях ПУТ, приготовленное из БПК может обеспечить существенное повышение оптимального расхода топлива и эффективность его использования в доменной плавке.

В России доля БПК в смеси углей для производства ПУТ может составить 30–100 %, его потребность для этой цели — 2,6–8,6 млн т. При 100 %-ной замене угля Бачатского разреза на БПК эффективность применения ПУТ возрастает на 40–50 руб/т чугуна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савчук Н. А., Курунов И. Ф. Доменное производство на рубеже XXI века // *Новости черной металлургии за рубежом*. 2000. Ч. II. Приложение 5. — М.: ОАО «Черметинформация». — 42 с.
2. Ярошевский С. Л. Резервы эффективности комбинированного дутья в доменных цехах Украины. Познавание процессов доменной плавки. — Днепропетровск: Пороги. 2006. С. 366–387.
3. Ярошевский С. Л. Перспективы и эффективность доменной технологии определяются степенью замены кокса пылеугольным топливом: В сб. трудов Международной научно-технической конференции «Пылеугольное топливо — альтернатива природному газу при выплавке чугуна». — Донецк: Норд компьютер. 2007. — 21 с.
4. Основные статистические данные о работе черной металлургии России и стран СНГ за период 1989 г. – I полугодие 2000 г.: В сб. трудов Всероссийской научно-практической конференции «Металлургия России: современное состояние и перспективы». — М.: ОАО «Черметинформация». 2000. — 72 с.
5. Использование вдувания пылеугольного топлива для оптимизации работы доменной печи / Б. Параманатан, Д. Плоой, М. Геердес, К. Мейер // *Сталь*. 2005. № 10. С. 38–44.
6. Сырьевая база производства пылеугольного топлива для вдувания в горн доменных печей / М. Б. Школлер, Ю. Е. Прошунин, С. Г. Степанов, С. Р. Исламов: В сб. трудов Международной научно-технической конференции «Пылеугольное топливо — альтернатива природному газу при выплавке чугуна». — Донецк: УНИТЕХ. 2006. С. 144–151.
7. Дунаев Н. Е., Кудрявцева В. М., Кузнецов Ю. М. Вдувание пылевидных материалов в доменные печи. — М.: Металлургия. 1977. — 266 с.
8. Рамм А. Н. Современный доменный процесс. — М.: Металлургия. 1980. — 304 с.
9. Китаев Б. И., Ярошенко Ю. Г., Лазарев Б. Л. Теплообмен в доменной печи. — М.: Металлургия. 1966. — 355 с.
10. Бабий В. И., Куваев Ю. Ф. Горение угольной пыли и расчет пылеугольного факела. — М.: Энергоатомиздат. 1986. — 208 с.
11. Ярошевский С. Л. Выплавка чугуна с применением пылеугольного топлива. — М.: Металлургия. 1988. — 176 с.