

**УДК 669.1**

**С. Л. ЯРОШЕВСКИЙ\*** (д-р техн. наук, проф.), **С. Р. ИСЛАМОВ\*\***,  
**А. В. КУЗИН\*** (канд. техн. наук), **З. К. АФАНАСЬЕВА\***

\* - ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»,

\*\* - Энерготехнологическая компания «Сибтермо», г. Красноярск, Россия

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ БУРОУГОЛЬНОГО  
ПОЛУКОКСА В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ**

В работе рассмотрена возможность использования буроугольного полукокса в доменной плавке в качестве пылеугольного топлива, приготовленного из угля марки Б2 Канско-Ачинского бассейна. Показано, что доля буроугольного полукокса в смеси углей для производства пылеугольного топлива для условий России может составить 30-100 %, а его потребность составит от 2,6 до 8,6 млн. т.

**пылеугольное топливо, буроугольный полукокс, доменная плавка**

Последние 20-25 лет характеризуются качественным и количественным повышением использования пылеугольного топлива (ПУТ) в доменных печах. В 2004 году 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 от 100 до 250 кг/т чугуна, долей замены кокса углем от 20 до 45% [1-4]. Очевидно, что в ближайшие 20-30 лет основой дальнейшего развития и повышения эффективности доменной технологии будет применение ПУТ в количестве 200 и более кг/т чугуна.

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 определяются 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 (далее – ПУТ-технологии) ресурсами низкзолельных 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 ресурсами углей может способствовать использование для приготовления ПУТ буроугольного полукокса (далее – 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), открытая добыча определяют снижение их себестоимости в десятки раз по сравнению с углями Донбасса.

**1. База углей для обеспечения массового промышленного внедрения ПУТ-технологии.** Теоретические исследования и массовый промышленный опыт показывают, что зольность и сернистость углей для приготовления ПУТ должна 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 соответственного 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 др., для чего необходимо расширение объема производства и соответственные 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 "Верхнесыр-

ский" зольность чистого угля равна 6%, выход на горючую массу летучих – 48%, содержание углерода – 74,1%, водорода – 53%, кислорода – 19,7% ,

Таблица 1 – Эффективность вдувания ПУТ в количестве 160 кг/т чугуна из угля марки "Т" (Бачатский разрез, Кузбасс) для условий д.п. № 3 ОАО "Западно-Сибирский металлургический комбинат" (база – 2006 г)

Наименование	Содержание золы, %						Содержание серы, %					
	5,0	7,5	11,3	14,0	17,0	30,0	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 орешка, 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 <sup>3</sup> /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
Расход условного топлива, кг/т чугуна	518	526	539	547	557	611	533	543	548	555	560	564
Расход флюса, 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 (CaO+MgO)/SiO <sub>2</sub>	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 горновых газов, м <sup>3</sup> /т чугуна	1436	1450	1471	1484	1500	1638	1450	1483	1499	1525	1542	1557
Выход восстановительных газов, м <sup>3</sup> /т чугуна	706	714	725	733	741	837	714	731	739	752	760	768
Степень использования CO, 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

серы – 0,2%. Химический состав золы характерен повышенным содержанием CaO и MgO.

Существенный недостаток углей Канско-Ачинского месторождения – повышенные влажность и выход летучих – могут быть устранены после коксования углей. Данный метод обработки бурых углей освоен в промышленном масштабе, подготовлена перспектива массового производства полукокса из бурых углей Канско-Ачинского месторождения (БПК) [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].

**2. Особенности применения в доменной плавке природного газа 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 др.[8-10].

Для оценки эффективности компенсирующих мероприятий использовали понятие суммарного коэффициента замены ( $\Sigma K_3$ ) кокса дополнительным 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 счёт 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 ( $\Sigma K_3$ ), равном 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. Следовательно, в этом случае обеспечена полная и комплексная компенсация негативного влияния дополнительных топлив на технологию доменной плавки.

Показано, что  $\Sigma K_3$ , 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 счёт соответственного снижения расхода ПГ, повышение суммарного расхода дополнительного топлива (ПГ+ПУТ) и дальнейшее снижение расхода кокса.

Наравне с ПГ, 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.

Показано, что при достигнутых уровне качества кокса, железорудного сырья, параметрах температурно-дутьевого режима, в диапазоне расхода кокса от 250 до 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. м<sup>3</sup>/т кокса, количества мелочи 5-0 мм в железорудной шихте – 500 кг/т кокса, выхода шлака – 1100 кг/т кокса.

Методика расчета показателей доменной плавки с применением больших количеств ПУТ разработана на основе работ профессора Ленинградского политехнического института 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.

**3. Расчет оптимального технологического режима при вдувании в горн пылеугольного топлива и природного газа.** Расчеты с вдуванием в горн ПУТ выполнены для основных металлургических предприятий России: ОАО МК НЛМК, ОАО МК "ММК", ОАО МК "Северсталь", ОАО МК "Мечел", ОАО "ЗапСиб МК".

Для приготовления ПУТ применены угли Бачатского разреза (Кузбасс) 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.

Таблица 2 – Технический состав углей и химический состав ПУТ, приготовленных из этих углей

Наименование предприятия-поставщика	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 <sup>p</sup>	H <sup>p</sup>	O <sup>p</sup>	N <sup>p</sup>	S <sup>p</sup>	W <sup>p</sup>	A <sup>p</sup>	CaO	SiO <sub>2</sub>	
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

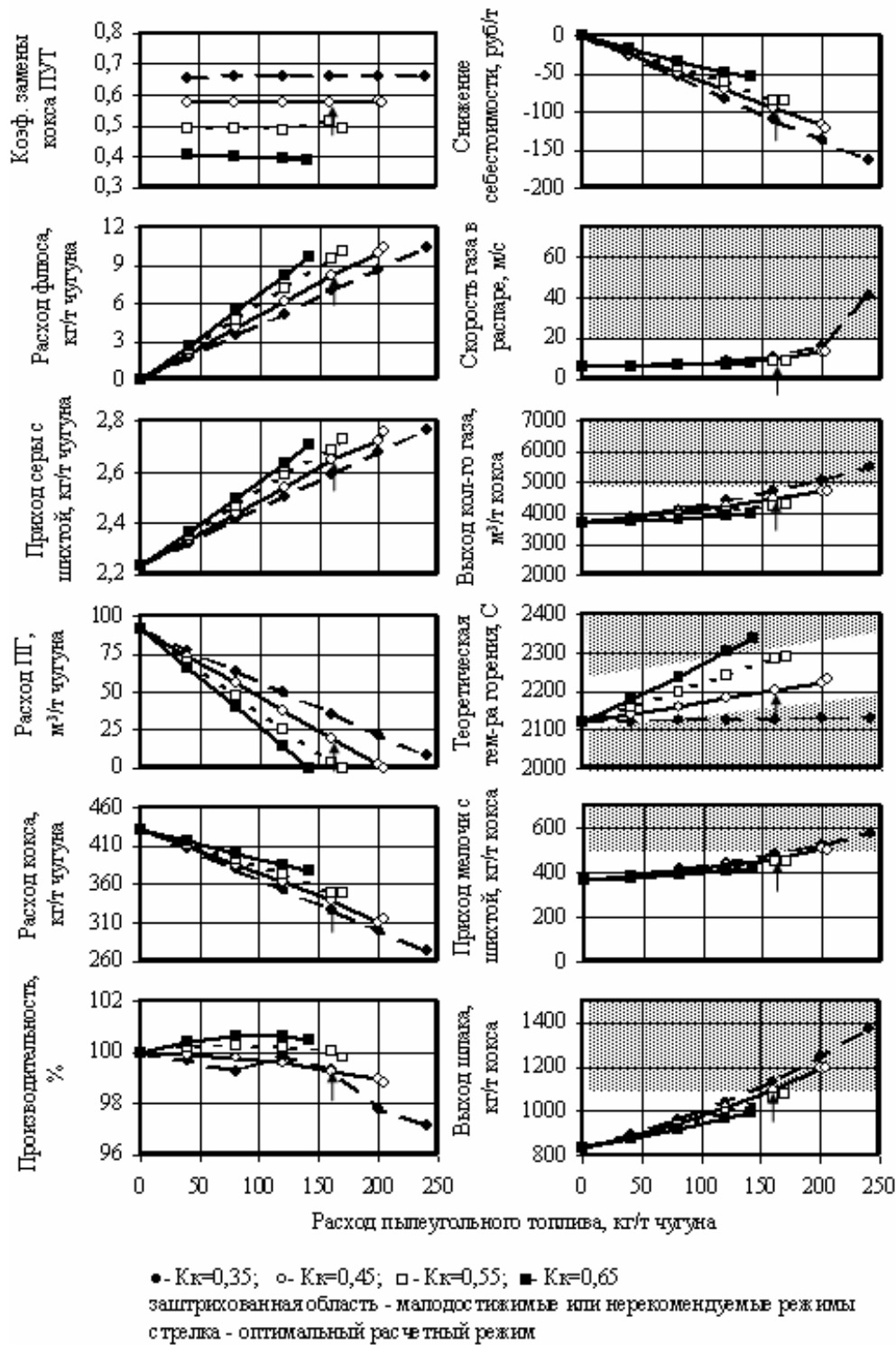


Рисунок 1 - Изменение основных технико-экономических показателей доменной печи № 3 ОАО "ЗСМК" от коэффициента компенсации ПУТ природным газом  $K_k$  (ПУТ приготовленное из угля марки Т Бачатского разреза, Кузбасс)

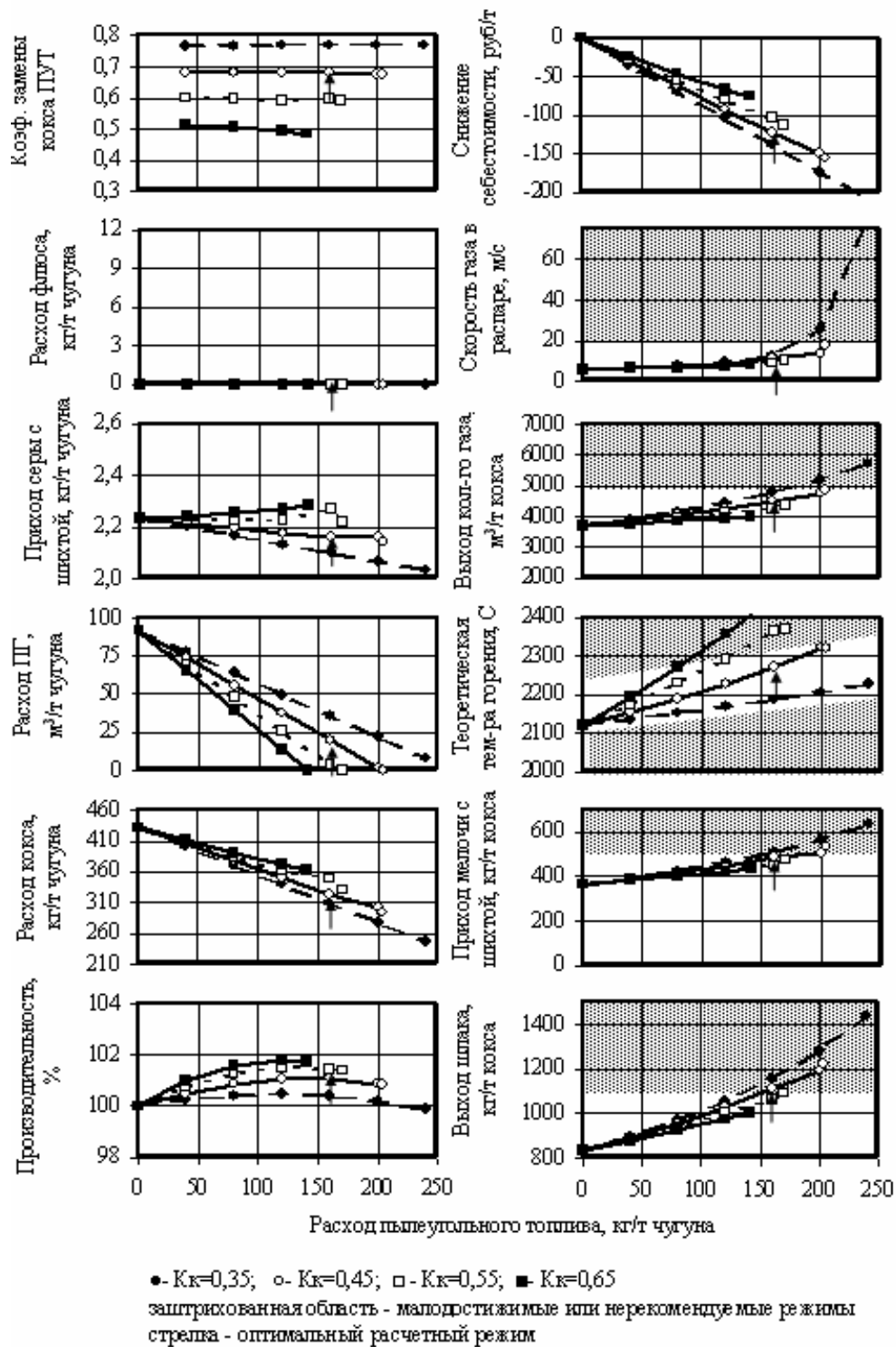


Рисунок 2 - Изменение основных технико-экономических показателей доменной печи № 3 ОАО "ЗСМК" от коэффициента компенсации ПУТ природным газом  $K_k$  (ПУТ приготовленное из полукокса, угли Канско-Ачинского месторождения)

Согласно рис. 1 оптимальным технологическим режимом при вдувании в горн ПУТ из угля Бачатского разреза являются его расход 160 кг/т чугуна при величине коэффициента компенсации ПУТ природным газом ( $K_k$ ) – 0,45 м<sup>3</sup>/кг. Данный режим обеспечивает снижение расхода кокса на 92,1 кг/т чугуна (21,3%), ПГ – на 72,0 м<sup>3</sup>/т чугуна, (78,4%), условного топлива – на 26,2 кг/т чугуна (4,7%), себестоимости чугуна – на 97,2 руб./т чугуна при практически неизменной производительности печи.

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

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

Из рис. 1 и 2 следует, что основными факторами, определившими преимущества ПУТ из БПК, являются снижение расхода флюса (-7,0 кг/т чугуна), выхода шлака (-12,9 кг/т чугуна), прихода серы с шихтой (-0,55 кг/т чугуна или 20 %), выхода колошниковых газов (-118 м<sup>3</sup>/т чугуна), повышение степени использования восстановительного потенциала СО на 2,2 % (абс.) и др.

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

Из изложенного следует, что в условиях России первый этап освоения ПУТ-технологии (140 кг/т чугуна) может быть осуществлен при использовании в качестве основного компенсирующего мероприятия сокращения удельного расхода ПГ.

**4. 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 средние показатели:



коэффициент замены кокса ПУТ (Кз)	– 0,65 кг/кг
коэффициент компенсации ПУТ ПГ (Кк)	– 0,5 м <sup>3</sup> /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

Таблица 3 – Расчетные показатели эффективности освоения 1-го этапа технологии ПУТ (140 кг/т чугуна) для металлургических предприятий России

Наименование	ДП № 4 ОАО "МЕЧЕЛ"	ДП № 10 ОАО "ММК"	ДП № 3 ОАО "Север-сталь"	ДП № 6 ОАО "Новолипецкий меткомбинат"	ДП № 3 ОАО "Западно-Сибирский МК"
Изменение производительности печи, %	2,66	0,33	– 0,38	0,23	– 0,52
Снижение расхода кокса, кг/т чугуна	<u>78,3</u>	<u>79,6</u>	<u>76</u>	<u>93,7</u>	<u>83</u>
%	17,6	18,6	18,4	23	19,2
Снижение расхода ПГ, м <sup>3</sup> /т чугуна	<u>83,4</u>	<u>67,2</u>	<u>69,5</u>	<u>56,2</u>	<u>53,8</u>
%	70,1	77	57	51	59
Коэффициент компенсации ПУТ-ПГ, м <sup>3</sup> /кг ПУТ	0,59	0,48	0,5	0,38	0,38
Прирост 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

Известно, что ведущие металлургические предприятия России ведут переговоры, "прицениваются" к ПУТ-технологии, что, возможно, завер-

шится в 2008-2009 гг. заключением контрактов на строительство пылеком-плексов.

В связи с изложенным, очевидно, что как минимум в 2008-2010 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 табл. 4 следует, что освоение пылеугольной технологии позволит использовать для выплавки 56,1 млн. т чугуна 8,6 млн. т угля, заменить при этом ПУТ 5,1 млн. т кокса, 3,9 млрд. м<sup>3</sup> ПГ, получить снижение себестоимости чугуна на 5,3 млрд. руб.

Таблица 4- Возможная эффективность внедрения первого этапа ПУТ-технологии (140 кг/т чугуна) на основных металлургических предприятиях России

	Возможная годовая производительность цеха по чугуну, млн. т *		Потребность угля для производства ПУТ, тыс. т		Возможная экономия **		
	общая	в т.ч. с ПУТ (млн. т/%)	общая	в т.ч. марок Г, БПК	кокса, тыс. т	ПГ, тыс. м <sup>3</sup>	себестоимость, млн. руб.
ОАО "НЛМК", г. Липецк	9,8	9,8/100	1509	453	892	686	931
ОАО "МЕЧЕЛ", г. Челябинск	5,5	5,5/100	847	254	501	385	523
ОАО "Северсталь", г. Череповец	9,5	9,5/100	1463	439	865	665	903
ОАО "ММК", г. Магнитогорск	9,0	9,0/100	1386	416	819	630	855
ОАО "НТМК", г. Нижний Тагил	6,7	6,7/100	1032	310	610	469	637
ОАО "ОХМК", г. Новотроицк	3,2	3,2/100	493	148	291	224	304
ОАО "ЗапСибМК", г. Кузнецк	6,0	6,0/100	924	277	546	420	570
ОАО "НКМК", г. Кузнецк	4,5	4,5/100	693	208	410	315	428
ИПО "Тулачермет", г. Тула	1,9	1,9/100	293	88	173	133	181
<b>Итого</b>	<b>56,1</b>	<b>56,1</b>	<b>8640</b>	<b>2593</b>	<b>5107</b>	<b>3927</b>	<b>5332</b>

\* Производительность доменных цехов принята ориентировочно, исходя из показателей 2005-2007 гг.

\*\* Во всех расчетах стоимость 1000 м<sup>3</sup> ПГ принята равной 50 долларов США.

Ориентировочно затраты на строительство ПУТ-комплексов составят 15-20 млрд. руб., т.е. окупаемость капитальных затрат составит 3-4 года.

В дальнейшем эффективность 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 т. д.;
- повышению в смеси углей для производства ПУТ доли БПК до 50-100%;
- сокращению производства кокса на 5,0 и более млн. т/год, что обеспечит получение дополнительных технологического, экономического и социального эффектов, сопоставимых с эффективностью от применения ПУТ.

### Выводы

1. Технология доменной плавки с вдуванием в горн ПГ, требующая в России ежегодно на ее реализацию 5-6 млрд. м<sup>3</sup> 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.

2. 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.

3. Массовое промышленное внедрение 1-го этапа ПУТ-технологии в России (140 кг/т чугуна) в ближайшие 3-5 лет обеспечит возможность снижения расхода кокса на 5,1 млн. т/год, расхода ПГ – на 3,9 млрд. м<sup>3</sup>, себестоимости чугуна – на 5,3 млрд. руб. Окупаемость капитальных затрат на внедрение составит 3-4 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.

4. 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% замене угля Бачатского разреза на БПК эффективность применения ПУТ возрастает на 40-50 руб./т чугуна.

### Список литературы

1. Савчук Н.А., Курунов И.Ф. Доменное производство на рубеже XXI века // Новости черной металлургии за рубежом. – 2000. – Часть II. – Приложение 5. – М.: ОАО Черметинформация. – 42 с.
2. Ярошевский С.Л. Резервы эффективности комбинированного дутья в доменных цехах Украины // Познание процессов доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 2006. – С. 366-387.
3. Ярошевский С.Л. Перспективы и эффективность доменной технологии определяются степенью замены кокса пылеугольным топливом // Доклад на международной научно-технической конференции "Пылеугольное топливо - альтернатива природного газа при выплавке чугуна", г. Донецк, 18-21 декабря 2006. – Донецк: Норд компьютер, – 2007. – 21 с.
4. Основные статистические данные о работе черной металлургии России и стран СНГ за период 1989 г. – 1 полугодие 2000 г. // Всероссийская научно-практическая конференция "Металлургия России: современное состояние и перспективы", 17-18 окт. 2000 г., Москва, – М.: 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 // Труды международной научно-технической конференции "Пылеугольное топливо - аль-

- тернатива природного газу при виплавке чугуна", г. Донецк, 18-21 декабря 2006. – 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.

Надійшла до редколегії 17.01.2009.

**С. Л. ЯРОШЕВСЬКИЙ\***,  
**С. Р. ІСЛАМОВ\*\***, **А. В. КУЗІН\***,  
**З. К. АФАНАСЬЄВА\***

\* - ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,

\*\* - Енерготехнологічна компанія «Сібтермо», м. Красноярськ, Росія

**S. L. YAROSHEVSKIY\***,  
**S. R. ISLAMOV\*\***, **A. V. KUZIN\***,  
**Z. K. AFANAS'EVA\***

\* - SHSI «Donetsk National Technical University»,

\*\* - Energotechnological Company «Sibtermo», Krasnoyarsk, Russia

**Ефективність використання пиловугільного палива з буровугільного напівкокса в доменній плавці.** В роботі розглянута можливість використання буровугільного напівкоксу в доменній плавці в якості пиловугільного палива, приготованого з вугілля марки Б2 Канско-Ачинського басейна. Показано, що частка буровугільного напівкоксу в суміші вуглів для виробництва пиловугільного палива для умов Росії може скласти 30-100 %, а його потреба складе від 2,6 до 8,6 млн. т.

*пиловугільне паливо, буровугільний напівкокс, доменна плавка*

**The Effectiveness of the Use of Pulverized Coal from Lignite Semi-Coke in Blast Furnace Melting.** The possibility of the use of lignite semi-coke in blast furnace melting as pulverized coal prepared from coal of mark 2 of Kansk-Achinsk basin is regarded in the present article. It is shown that the share of lignite semi-coke in the mixture of coal in pulverized coal production for the conditions of Russia can be 30-100% and the need for it can be 2.6 to 8.6 mln tones.

*pulverized coal, lignite semi-coke, blast furnace melting*

© С. Л. Ярошевский, С. Р. Исламов,  
 А. В. Кузин, З. К. Афанасьева, 2009