

**С.Л.Ярошевский, А.М.Кузнецов, А.В.Кузин, З.К.Афанасьева**

*Донецкий национальный технический университет  
ОАО «Енакиевский металлургический завод»*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ДОМЕННЫХ ЦЕХАХ УКРАИНЫ**

Показано, что на основе теории полной и комплексной компенсации можно рассчитать влияние дувания ПУТ на доменную технологию. Реализация технологии с применением ПУТ в основных доменных цехах Украины на первом этапе позволит обеспечить снижение себестоимости чугуна на уровне 2,8 млрд. грн., а срок окупаемости капитальных затрат составит менее 2 лет.

Массовое промышленное применение комбинированного дутья и дополнительного топлива в доменной плавке впервые освоено в 60-х годах XX века в доменных цехах Украины. Данная технология, удостоенная Ленинской премии, обеспечила снижение расхода кокса на 10–20 % и получение экономического эффекта в размере 160 млн. руб. [1]. И в 2007 г. комбинированное дутье – природный газ (ПГ) и кислород (O<sub>2</sub>) – в доменных цехах Украины остается важнейшим и необходимым компонентом современной технологии.

Украина одной из первых в мире освоила промышленную технологию с применением пылеугольного топлива (ПУТ) [2–4]. Тем не менее, в 2006 г. уровень показателей доменной плавки в Украине был низким: производительность – 1,5–2 т/(м<sup>3</sup>·сутки), расход кокса на 1 т чугуна – 430–530 кг [5].

В настоящее время в Украине созданы необходимые предпосылки для быстрого и эффективного внедрения технологии с дуванием в горн доменной печи ПУТ. За последние годы условия и эффективность применения комбинированного дутья качественно изменились: ПГ в Украине стал импортным и дефицитным энергоносителем, стоимость которого приблизилась к стоимости кокса. В то же время эффективность использования комбинированного дутья в мире качественно возросла, чему способствовали применение пылеугольного топлива (ПУТ) и совершенствование всех основных компонентов доменной технологии [3, 9, 10].

Двадцатипятилетняя отечественная и зарубежная практика целиком подтверждает известные теоретические посылки об эффективности ПУТ: технологии ПГ+ПУТ+O<sub>2</sub> и ПУТ+O<sub>2</sub> обеспечивают в 2,2–3,3 раза большую, чем при дувании ПГ, экономию кокса, предопределяя возможность снижения его расхода до 250–300 кг/т чугуна (табл. 1 и 2) [2, 3, 9, 14, 15].

На сегодняшний день Украина в использовании и внедрении пылеугольной технологии (в дальнейшем ПУТ–технологии) отстала от большинства капиталистических стран на 20–25 лет.

Таблица 1. Показатели работы доменной печи № 2 ОАО «ДМЗ» [3, 4]

Показатели	Периоды	
	21.12.02– 01.01.03	08.02.05– 08.03.05
Производство чугуна, т/сутки	2046	2124
Расход сухого скипового кокса, кг/т (%)	566 (100)	381 (67)
Расход материалов, кг/т чугуна:		
ЮГОК	487	718
окатыши ЛебГОК	989	893
известняк обычный	192	63
известняк доломитизированный	0	0
обожженный доломит	0	0
мягкообожженный доломит	0	49
Дутье: температура, °С	1085	1085
содержание O <sub>2</sub> , %	22,75	25,64
расход ПУТ, кг/т чугуна	0	138
расход природного газа, м <sup>3</sup> /т чугуна	99	65
Колошниковый газ: температура, °С	263	265
состав, %: CO <sub>2</sub>	15,27	20,16
H <sub>2</sub>	6,16	6,83
Химсостав чугуна, % Si	0,78	0,79
S	0,035	0,035
Выход шлака, кг/т чугуна	371	326
Содержание MgO в шлаке, %	3,42	6,27
Основность шлака CaO/SiO <sub>2</sub> , ед	1,29	1,21
Основность шлака (CaO+MgO)/SiO <sub>2</sub> , ед	1,38	1,37
Интен. плавки по углероду, кг/(м <sup>3</sup> ·сутки)	1080	971
Выход колошниковых газов, м <sup>3</sup> /т чугуна	2393	1812
Выход восстановительных газов, м <sup>3</sup> /т чугуна	991	825
Теоретическая температура горения, °С	2071	2052
Степень использования CO, %	37,3	45,7
Степень прямого восстановления, %	36,0	33,9
Расход условного топлива, кг/т чугуна	701	608
Общий приход тепла, кДж/кг чугуна	11943	10876

Таблица 2 – Параметры доменных печей при работе с вдуванием ПУТ с высоким удельным расходом [2, 4, 10, 15]

Показатели	Бельгия 1997 г. Sidmar Gent A	Франция 2005 ARCELOR Dunkerque 4	Нидерланды 2005 Corus Ijmuiden 6	Япония		Ю.Корея Posco 3
				Какогава 1	Фукуяма 3	
Рабочий объем печи, м <sup>3</sup>	1	2	3	4	5	7
Удельная производительность, т/(м <sup>3</sup> сутки)	1754	3940	2328	3750	2774	н.д.
Удельный расход, кг/т чугуна:	2,14	2,34	3,17	1,88	1,84	2,28
восстановителей	487	485	507	545,4	554,5	493,3
кокса	294	289	274	291	289	271
ПУТ	193	196	233	254,4	265,5	222,3
Влажность дутья, г/м <sup>3</sup>	н.д.	15,5	8,8	17	32	14
Содержание кислорода в дутье, %	24,5	24,4	32,9	25,1	25,8	24,2
Температура дутья, °С	1204	1181	1146	1233	1220	1138
Температура колшникового газа, °С	130	140	118	210	251	н.д.
Степень использования газа, доли	0,501	0,496	0,493	0,496	0,65	н.д.
Доля в железорудной части шихты, %						
алюмерата	93,5	77,5	44,62	43	76,7	72,8
окатышей	6,5	9,4	52,9	35	15,5	11,5
Температура чугуна, °С	н.д.	1500	1503	1496	1501	1516
Содержание в чугуне, %						
Si	0,38	0,48	0,41	0,48	0,34	0,3
S	0,031	0,019	0,032	0,021	0,027	0,017
Выход шлака, кг/т	297	274	219	265	266	255
Содержание Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в шлаке, %	11,5	11,91	15,7	15,2	13,8	14,3
Основность шлака, CaO/SiO <sub>2</sub> / (CaO+MgO)/SiO <sub>2</sub>	(-)/1,44	1,17/1,37	1,15/1,47	1,25/-	1,28/-	1,25/-

Очевидно, что решение вопроса о массовом промышленном внедрении пылеугольной технологии в доменных цехах Украины с целью замены им части или всего ПГ и значительного снижения расхода кокса, не терпит отсрочки, становится в ряд важнейших и определяющих государственных задач. Тем более, что для решения данной задачи, в отличие от 60–70-х годов прошлого столетия, имеются все необходимые предпосылки.

### **Оборудование для реализации ПУТ–технологии**

На сегодняшний день разработано надежное и автоматизированное взрыво-, пожаро- и экологически безопасное оборудование 4–5 поколения, полностью отвечающее требованиям доменной технологии.

Для ДМЗ в 1976 г. Гипросталь и НПО «Укрэнергочермет» (г. Харьков) спроектировали и освоили полный пылеугольный комплекс. Данный комплекс был модернизирован по проекту Гипростали в 2002 г. в соответствии с современными нормами и требованиями [2, 4]. Пылеугольная установка успешно работает в режиме промышленной эксплуатации с 1980 г. по настоящее время. Распределительно–дозировочное отделение (РДО) вдувания ПУТ в доменные печи на ОАО «ДМЗ», обеспечивает непрерывную индивидуальную и регулируемую по фурмам и во времени подачу ПУТ.

Получили широкое распространение также пылеугольные комплексы с делителем потока, расположенным на отметке колошника печи, из которого осуществляется индивидуальная разводка ПУТ по фурмам [9].

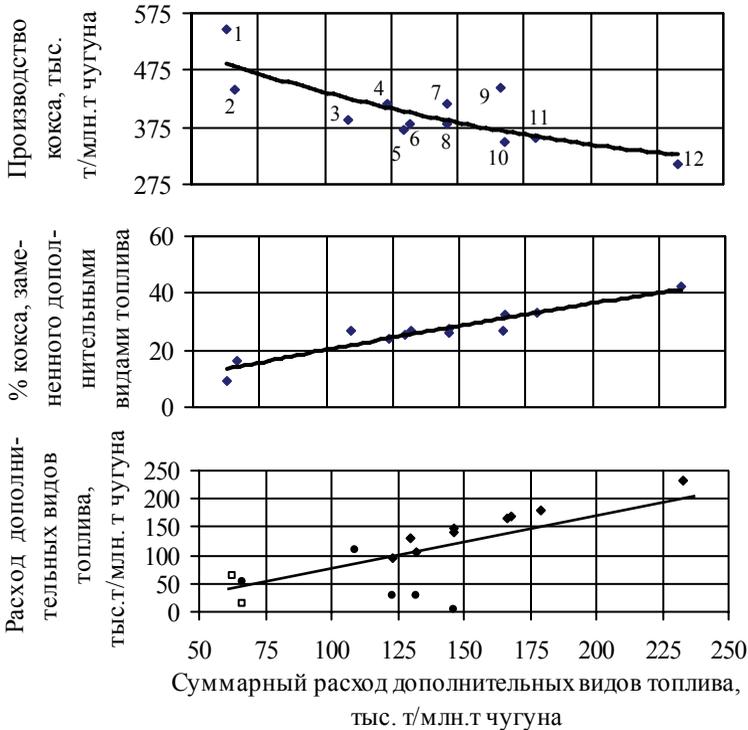
Стоимость пылеугольного комплекса, мощностью по ПУТ 1 млн. т/год, а также компенсирующих мероприятий ( $\approx 25\%$  стоимости ПУТ–комплекса) равна около 80 млн. евро. При проектной мощности установки, рассчитанной на вдувание 200 кг/т чугуна ПУТ, строительство такого оборудования целесообразно для 5–6 крупных доменных цехов Украины, выплавляющих 25–28 млн. т или 75–80 % годового объема производства чугуна, что потребует около 3 млрд. грн.

### **Ресурсы углей**

Массовое промышленное внедрение пылеугольной технологии в Украине потребует до 5–6 млн. т угля. Тем не менее, внедрение пылеугольной технологии не должно обострить дефицит углей в стране. Известно, что на производство 1 т кокса расходуется около 1,3 т угольной шихты, в том числе 20–40 % коксующихся углей. Производство 1 т ПУТ требует 1,1 т угля. Коэффициент замены кокса ПУТ, зольностью 5–10 %, составляет 0,8–1,1 кг/кг [6]. Следовательно, при реализации в Украине первого этапа пылеугольной технологии большая часть углей для производства ПУТ может быть получена за счет соответствующего сокращения производства кокса.

Данный вариант внедрения пылеугольной технологии реализуется в течение последних 20 лет в США, Германии, Нидерландах и других стра-

нах, что позволило вывести из эксплуатации наиболее изношенные и приостановить намеченное строительство ряда коксохимических батарей, значительно сократить капитальные затраты: капитальные затраты на строительство коксохимических батарей в три раза выше, чем на строительство пылеугольной установки равной мощности (рис. 1) [9].



◆, □, ● – расходы ПУТ, ПГ и мазута соответственно, кг/т чугуна

1 – Украина (без ЗАО «ДМЗ»); 2 – Австралия; 3 – Финляндия;  
4 – Англия; 5 – Швеция; 6 – Германия; 7 – Италия; 8 – Испания;  
9 – ЗАО «ДМЗ»; 10 – Франция; 11 – Бельгия; 12 – Голландия.

Рис.1. Среднегодовые показатели работы доменных цехов в Европе (2004–2005 гг.) и в Украине (2006 г.) в зависимости от вида и расхода дополнительного топлива

Необходимо отметить также возможность использования для приготовления ПУТ высококачественных некоксуемых газовых углей, запасы которых в Украине значительны, не пользующихся, как правило, спросом таких массовых потребителей как металлургия, коксохимия и энергетика. В перспективе может оказаться выгодной замена части ввозимых из России дорогих коксующихся углей, необходимых для производства кокса, более дешевыми низкосернистыми неспекающимися углями марок «Т» для производства ПУТ, полукоксом бурых углей Канско–Ачинского месторождения и др. [7, 8].

### **Теория полной и комплексной компенсации и технологии доменной плавки с вдуванием в горн ПУТ**

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

Для оценки и расчета нарушений технологии, определяемых применением ПУТ, использовали уравнения и методики Рамма А.Н., Китаева Б.И., Бабия В.И. и Ивановой И.В. [3, 11–13].

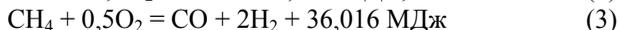
Для оценки эффективности компенсирующих мероприятий использовано понятие суммарного коэффициента замены кокса ( $\Sigma K_3$ ) дополнительным топливом [2–4]

$$\Sigma K_3 = (\Delta Q_{\text{КДТ}} + \Delta Q_{\text{ККМ}}) / \Delta Q_{\text{ДТ}}, \quad (1)$$

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

Расчеты, выполненные по уравнению (1), а также опыт применения ПУТ на ДМЗ и за рубежом показывают, что при величине суммарного коэффициента замены, равном 1 и более, по мере увеличения расхода ПУТ не происходит негативных изменений в состоянии технологического режима доменной плавки, которые бы снижали эффективность его применения. Следовательно, в этом случае обеспечена полная и комплексная компенсация негативного влияния дополнительных топлив на технологию доменной плавки.

Одним из основных компенсирующих мероприятий является снижение расхода ПГ. Это следует из реакций горения в фурменной зоне углерода и метана



Количество тепла на единицу получаемого восстановительного газа по реакции (3) в 9 раз ниже, чем по реакции (2), а выход восстановитель-

ного газа в 3 раза выше. Соответственно снижение теоретической температуры горения на единицу вдуваемого ПУТ – в 2,5–3 раза меньше, чем при вдувании ПГ. Расчеты показывают, что  $\Sigma K_3$ , обеспечивающий полную и комплексную компенсацию негативных явлений, для ПГ в 2–3 раза выше, чем для ПУТ.

Следовательно, в реальных технологических условиях доменных цехов Украины и России вдувание ПУТ может быть компенсирующим фактором, обеспечивающим за счет соответственного снижения расхода ПГ повышение суммарного расхода дополнительного топлива (ПГ+ПУТ) и снижение расхода кокса.

Расчеты показывают, что в технологических условиях доменных цехов Украины освоение первого этапа ПУТ-технологии (100–120 кг/т чугуна) может быть обеспечено, в основном, за счет компенсации снижением расхода ПГ.

С целью повышения достоверности расчета технологических режимов с применением ПУТ выделены параметры, превышение определенного уровня которых невозможно в сложившихся и реально существующих условиях, так называемые определяющие параметры.

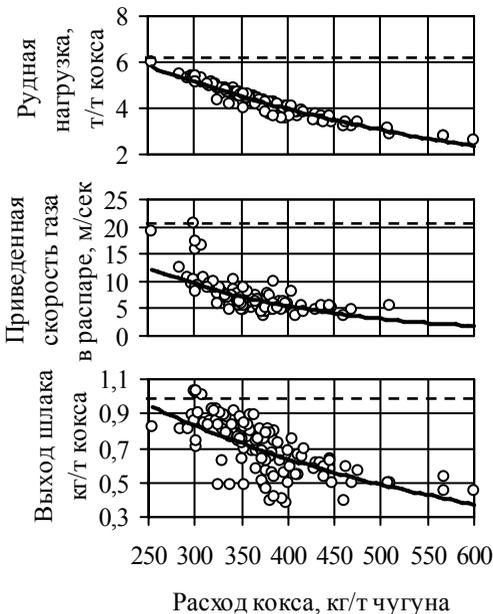


Рис. 2. Зависимость определяющих параметров от расхода кокса: прерывистая линия – предельное значение показателя

Показано, что в диапазоне расхода кокса от 250 до 600 кг/т чугуна маловероятна возможность превышения скорости газа в распаре (зоне пластического состояния шихтовых материалов) 20–25 м/с, рудной нагрузки – 6–6,5 т/т кокса, выхода горнового газа – 4,7–5,0 тыс.м<sup>3</sup>/т кокса, количества мелочи фракции 5–0 мм в железорудной шихте – 470–500 кг/т кокса, выхода шлака – 1000–1100 кг/т кокса (рис. 2).

Определяющие параметры разделяют области реально осуществимых и маловероятных режимов доменной плавки с применением ПУТ.

Расчеты технологических режимов с применением ПУТ выполнены по методике профессора Рамма А.Н. [11].

С учетом указанных методики и определяющих параметров были определены, как реальные, 2 расчетных режима для доменной печи № 5 ОАО «ЕМЗ» с вдуванием на 1 т чугуна 100 и 180 кг ПУТ: в качестве базового режима рассматривали показатели работы доменной печи № 1 в реальных технологических условиях доменного цеха в 2005 г. В качестве компенсирующих факторов приняты: высев из металлургического кокса мелочи менее 36 мм и загрузка в печь в смеси с железорудной шихтой 30–40 кг/т чугуна коксового оreshка, повышение содержания железа в агломерате до 57 % и отсев из него мелочи 5–0 мм; повышение температуры дутья до 1200 °С, содержания кислорода – 28 % (все это – согласно проектным данным для доменной печи № 5), сокращение и вывод из состава дутья ПГ. ПУТ использовали из антрацита и смеси донецкого антрацита (70 %) и малосернистого газового угля (30 %) из Кузбасса (Россия).

Выполненным расчетом показано, что применение ПУТ в сочетании с комплексом компенсирующих мероприятий позволит в технологических условиях ОАО «ЕМЗ» снизить расход кокса до 319,3–384,2 кг/т чугуна, повысить долю замены кокса дополнительными топливами до 23,8–36,6 %, что в 1,9–2,6 раза больше, чем при вдувании в горн ПГ+O<sub>2</sub> (табл. 3).

Таблица 3. Эффективность пылеугольной технологии для доменного цеха ОАО «ЕМЗ»

Показатели	Базовый период	Численные значения показателей при применении шихты	
		1-й режим: окатыши СевГОК уголь «АС»	3-й режим: окатыши ЦГОК уголь 70 %
Производительность печи, %	100	111,3	136,9
Расход кокса, кг/т чугуна	501,7	382,4	319,3
Расход ПГ, м <sup>3</sup> /т чугуна	91,1	51,1	0
Расход ПУТ, кг/т чугуна	0	100	180
Расход условного топлива, кг/т чугуна	631,2	557,2	506
Снижение себестоимости чугуна, грн./т чугуна	0	75	96,8
Экономия кокса, тыс.т/год	0	365,1	558,1
Экономия ПГ, млн. м <sup>3</sup> /год	0	122,4	278,8
Потребность угля для производства ПУТ, тыс.т/год	0	336,6	605,9
Прирост производства, тыс.т/год	0	345,8	1129,1
Снижение себестоимости чугуна от внедрения пылеугольной технологии, млн. грн./год	0	229,5	296,2

Опыт ОАО «ДМЗ» (2004–2007 гг.) с расходом ПУТ 120–170 кг/т чугуна, опыт (1985–2006 гг.) зарубежных стран полностью подтверждают основные положения изложенной выше теории полной и комплексной компенсации (табл. 1 и 2) [2–4].

При освоении первого этапа ПУТ–технологии и вдувании в горн 100–120 кг/т чугуна ПУТ целесообразно сохранить в составе дутья минимальный – 30–50 м<sup>3</sup>/т чугуна – расход ПГ, что диктуется недостаточным уровнем качества шихтовых материалов и необходимостью оптимизации уровня теоретической температуры горения кокса. Данное положение принято и передовой зарубежной практикой: в 2002 году 18 современных печей в Северной Америке работали с вдуванием в горн двух и более дополнительных видов топлива, основными из которых были ПГ и ПУТ [14].

Мы убеждены в том, что за те 1–2 года, которые остались до ввода в эксплуатацию ПУТ–комплексов в Украине, в доменных цехах можно и необходимо провести работу по подготовке технологии и доменных печей к данному событию, т.е. разработке и внедрению соответствующего комплекса компенсирующих мероприятий: только в этом случае освоение высокоэффективных технологических режимов с расходом ПУТ 100–150 кг/т чугуна возможно в течение 3–6 месяцев, а окупаемость дополнительных затрат составит 1–2 года.

### **Экономическая эффективность ПУТ–технологии в доменных цехах Украины**

Качественно оценить эффективность пылеугольной технологии можно исходя, прежде всего, из балансовых расчетов, реального многолетнего промышленного опыта ОАО «ДМЗ» и зарубежных стран (опыт 1985–2004 гг.) [2–4, 9, 10]. Исходя из этого принимаем для производства чугуна объемом ≈25–28 млн. т в год, соответствующего производительности основных 5–6 металлургических предприятий Украины:

- расход ПУТ 120 кг/т чугуна (уголь марки «Т», зольностью 5–8 %);
- снижение расхода ПГ – на 0,4 м<sup>3</sup> на 1 кг ПУТ;
- коэффициент замены кокса ПУТ – 0,8 кг/кг;
- стоимость кокса (на начало 2008 г.) – 1700 грн/т;
- стоимость ПГ – 1400 грн/1000 м<sup>3</sup>;
- стоимость ПУТ – 1000 грн/т.

Исходя из указанных цифр реализация пылеугольной технологии в масштабах отрасли позволит снизить потребность кокса на 2,4 млн. т, ПГ – на 1,2 млрд. м<sup>3</sup>, себестоимость чугуна – на 2,8 млрд. грн.

Окупаемость внедрения первого этапа ПУТ–технологии составит менее 2 лет. Дальнейшее повышение величины относительного расхода ПУТ и цен на энергоносители, в первую очередь на ПГ и кокс, будут соответственно повышать эффективность использования ПУТ.

Попутно решаются задачи как снижения или полного исключения использования в доменном производстве ПГ, так и значительного снижения вредных выбросов в окружающую среду: сокращение годового объёма производства кокса на 2,4 млн. т обеспечит снижение выброса в окружающую среду вредных веществ на 14,8 тыс. т, в т. ч. 4,8 тыс. т сернистых соединений, 5,5 тыс. т аммиака и фенола, 1,5 тыс. т окислов азота и т.д.

### **Выводы**

1. Технология доменной плавки с вдуванием в горн ПГ, требующая в Украине ежегодно на ее реализацию 2,5 млрд. м<sup>3</sup> ПГ, в сложившихся технологических условиях менее эффективна по сравнению с вдуванием ПУТ. Определяющим показателем, характеризующими преимущества ПУТ, по сравнению с ПГ является возможность замены ПУТ в 2–3 раза бóльшего количества кокса.

2. В настоящее время в Украине на базе ОАО «ДМЗ» созданы необходимые предпосылки для быстрого и эффективного внедрения технологии с вдуванием в горн доменной печи ПУТ: разработано и освоено в промышленных условиях оборудование для реализации процесса, освоена технология доменной плавки с вдуванием в горн на 1 т чугуна до 100–170 кг ПУТ, подтвердившая высокую экономическую эффективность мероприятия, возможность исключения или значительного сокращения использования в данной технологии ПГ.

3. Разработанная на ОАО «ДМЗ» на основе освоения пылеугольной установки и ПУТ–технологии теория полной и комплексной компенсации негативного влияния ПУТ на технологию создает возможность заменить традиционный метод «проб и ошибок» расчетной методикой, учитывающей влияние вывода из шихты кокса и горения ПУТ на газодинамический режим, условия сгорания топлива, нагрева шихты и др., позволяющей рассчитать и принять необходимые меры – компенсирующие мероприятия – для устранения данных нарушений. Указанный количественный расчет создает предпосылки сократить время освоения оптимального и наиболее эффективного режима с применением ПУТ от нескольких лет до месяцев.

4. Реализация технологии доменной плавки с применением ПУТ в Украине уже на первом этапе позволит снизить расход кокса на 2,4 млн. т, природного газа 1,2 млрд. м<sup>3</sup>, обеспечить снижение себестоимости производимого чугуна на 2,8 млрд. грн. при сохранении базовых производительности доменных печей и качества чугуна.

Окупаемость капитальных затрат при внедрении первого этапа ПУТ–технологии составит менее 2 лет.

2. *Ярошевский С.Л.* Пылеугольное топливо – реальная и эффективная альтернатива природному газу в металлургии. – Донецк: Норд компьютер, 2006. – 16 с.
3. *Ярошевский С.Л., Кузнецов А.М., Афанасьева З.К.* Резервы эффективности комбинированного дутья в доменных цехах Украины – Донецк: Норд Компьютер, 2006. – 31 с.
4. *Терещенко В.П.* История освоения пылеугольной технологии на Донецком металлургическом заводе: 1963–2006 гг. // Труды международной научно-технической конференции "Пылеугольное топливо – альтернатива природному газу при выплавке чугуна", г. Донецк, 18–21 декабря 2006 г. – Донецк: УНИТЕХ, 2006. – С. 13–22.
5. *Захарченко В.Н.* Состояние и перспективы доменного производства Украины // Там же. – С. 27–35.
6. *Ярошевский С.Л., Хлапонин Н.С., Терещенко В.П.* О ресурсах углей для приготовления пылеугольного топлива // Там же. – С. 140–143.
7. *Васильев Ю.С., Дроздник И.Д.* Сырьевая база для технологии вдувания пылеугольного топлива в доменные печи // Там же. – С. 134–139.
8. *Сырьевая база производства пылеугольного топлива для вдувания в гон доменных печей / М.Б. Школлер, Ю.Е. Прошунин, С.Г. Степанов, С.Р. Исламов // Там же. – С. 144–151.*
9. *Использование вдувания пылеугольного топлива для оптимизации работы доменной печи / Б. Параманатан, Д. Плоой, М. Геердес и др. // Сталь. – 2005. – № 10. – С. 38–44.*
10. *Савчук Н.А., Курунов И.Ф.* Доменное производство на рубеже XXI века // Новости черной металлургии за рубежом. – 2000. – Часть II. – Приложение 5. – М.: АО Черметинформация. – 42 с.
11. *Рамм А.Н.* Современный доменный процесс. – М.: Металлургия, 1980. – 304 с.
12. *Китаев Б.И.* Теплообмен в доменной печи. – М.: Металлургия, 1966.
13. *Бабий В.И., Иванова И.В.* Длительность воспламенения и горения частиц пыли различных марок углей // Материалы III Всесоюзной конференции по теории горения твердого топлива "Горение твердого топлива". – Новосибирск: Наука, 1969.
14. *Силвен Н.* USCAR / Craftech international LTD (США) Реалии и мифы технологии застывающей футеровки доменных печей // Новые огнеупоры. ISSN 1683–4518. – 2004. – № 3. – С. 53–56.
15. *Доменное производство Японии в новом столетии, исследования и технологические разработки // Новости черной металлургии за рубежом. – 2007. – № 4. – М.: ОАО «Черметинформация» – 22–31 с.*

*Сведения о докладчике:*

**Ярошевский Станислав Львович**, докт.техн.наук, профессор кафедры РТП Донецкого национального технического университета