



## Проблемы газификации угля и использования продуктов газификации в доменных печах

*Реализация отечественных разработок по замещению в доменных печах (ДП) части кокса и всего вдуваемого природного газа (ПГ) продуктами газификации низкосортных углей при использовании резервных ДП для организации процессов газификации углей позволит сократить расход кокса до уровня, соизмеримого с вариантом вдувания максимального количества ПУТ, ресурсы которого ограничены, а получение в некоторых ДП топливных газов энергетического назначения призвано улучшить топливный баланс предприятия и региона при одновременном положительном воздействии на экологическую обстановку. Указанные разработки целесообразно включить в комплекс работ, намечаемых руководством страны в плане замещения импортного природного газа и вовлечения в производственный оборот низкосортного угля собственной добычи. Табл. 2. Библиогр.: 12 назв.*

**Ключевые слова:** газификация угля; доменная печь; продукты газификации угля

*The implementation of national developments of coke and all the injected natural gas (NG) replacement in a blast furnace (BF) with low-grade coal gasification products when using redundant BF for organizing of coal gasification process allows to reduce coke consumption to a level which can be compared with the option of injecting the maximum amount of pulverized coal, which has limited resources. Obtaining the fuel gases of energy use in blast furnaces meant to improve fuel balance of the enterprise and the region with simultaneous positive impact on the environment. Indicated developments are appropriate to be included in a set of works being planned by the country government in terms of imported natural gas substitution and involvement of low-grade coal of own extraction into the production operations.*

**Keywords:** coal gasification, blast furnace, coal gasification products

В настоящее время потребление природного газа предприятиями черной металлургии составляет порядка 4 млрд. м<sup>3</sup> в год, из них треть потребляют доменные печи. При этом в 2012 г. цена природного газа составляет \$484 за 1 тыс. м<sup>3</sup> против \$293 за 1 т кокса [1], что при эквиваленте замещения 0,7 кг/м<sup>3</sup> приводит к удорожанию чугуна на  $484 - 0,7 \cdot 293 = 279$  грн. при использовании каждой 1 тысячи м<sup>3</sup> газа.

При решении задач сокращения расхода кокса одной из приоритетных является реализация технологии доменной плавки с вдуванием пылеугольного топлива (ПУТ), которая нашла широкое развитие на передовых предприятиях мира с достижением расхода ПУТ 250 кг/т чугуна. Выполненные ранее, расчетно-аналитические исследования показали возможность сокращения расхода кокса до 280 кг/т чугуна при вдувании указанного количества ПУТ на отдельных доменных печах (ДП) Украины с учетом выполнения требований к свойствам сырья и кокса. Однако общие масштабы развития этой технологии ограничены, прежде всего, повышенными требованиями к качеству кокса и, соответственно, составу угольной шихты для коксования, а также сортаменту углей для приготовления ПУТ. По заявлению генерального директора объединения «Металлургпром» В.С. Харахулаха: «С учетом перспективных сроков строительства установок по вдуванию ПУТ, на основных металлургических предприятиях Украины, к 2015 г. неплохо бы ежегодно

получать угли марок К, Г, Ж в объеме 8 млн. т, причем, необходим уголь с низким содержанием серы и невысокой зольностью, а с учетом этих требований украинские угольщики пока могут обеспечить потребность металлургов лишь на 4 млн. т в год. Без импорта углей необходимого качества не обойтись» [2].

В случае небольших расходов ПУТ, ограниченных реальными условиями по качеству кокса, железорудного сырья и сортаменту вдуваемых углей, требуется одновременное вдувание также природного или другого восстановительного газа. Учитывая изложенное, следует сочетать развитие вдувания ПУТ с разработкой и развитием альтернативных коксозамещающих технологий [3].

Из возможных газообразных, замещающих кокс и природный газ, энергоносителей наиболее реально использование коксового газа, вдуваемого через воздушные фурмы. Эта технология освоена на Макеевском МЗ, где в период с 1980 по 1992 г. в ДП вдувалось до 250 м<sup>3</sup>/т чугуна коксового газа, обеспечивающее замещение 100–120 м<sup>3</sup>/т чугуна природного газа с уменьшением расхода кокса на 30–50 кг/т чугуна. Для реализации технологии требуется сооружение комплекса его подготовки к вдуванию в доменные печи с целью компримирования и очистки от нафталина, бензолных углеводородов, сероводорода и оксидов азота.

В случае отсутствия средств для сооружения комплекса ПУТ можно использовать в доменном производстве Украины технологию частичной замены

кокса антрацитом или термоантрацитом (термическая стойкость и механическая прочность которого приближаются к показателям кокса, а содержание углерода увеличивается до 96-98 % при снижении содержания летучих веществ до 0,3-0,8 %). В настоящее время разработана технология загрузки в ДП сырого кускового антрацита в количестве до 100 кг/т чугуна через колошник печи по тракту загрузки основных компонентов шихты, что практически не требует капитальных затрат и обеспечивает доход на разнице цен кокса и антрацита. Параллельно, по мере накопления средств, будут созданы возможности вложений в сооружение комплексов для вдувания ПУТ. К тому времени проблема замены природного газа коксовым в значительной мере, будет решена, что обеспечит более эффективное функционирование технологии вдувания ПУТ.

Наиболее эффективное решение проблемы замещения кокса и природного газа при ограниченных ресурсах углей требуемого сортамента может быть получено на основе разработки новой технологии доменной плавки с использованием продуктов газификации низкосортных углей (ПГУ). Востребованность указанной разработки, начатой три десятилетия назад ИЧМ НАНУ, совместно с рядом специализированных организаций, никогда не вызывала сомнений, однако острая необходимость реализации ощутилась лишь сейчас.

В августе 2012 г. Президент Украины В.Ф. Янукович подписал закон № 5189-V, увеличивающий на 30 млрд. грн. размер государственных гарантий для привлечения кредитов у государственных банков КНР. Эта сумма предоставлена под кредит Государственного банка развития Китая, который необходим для реализации программы замещения дорогого российского газа более дешевым углем украинской добычи. По сообщению пресс-службы Минэнергоугля в сентябре Министр энергетики и угольной промышленности Украины Ю.А. Бойко отметил: «Украина взяла курс на замещение импортного газа альтернативными украинскими источниками энергии, в частности углем, объемы добычи которого активно наращиваются. Планируется построить 3 предприятия по газификации угля. Технологию мы берем у компании Shell. Эта технология опробована в Китайской Народной Республике. Там работает 15 таких предприятий. Три предприятия мы будем строить в Украине, одно в Луганской области, одно в Донецкой и одно в Одесской, на деньги Китайского банка развития. Мы почти год отработывали этот механизм и в конце ноября подпишем кредитное соглашение по этому проекту».

Из более шестидесяти известных методов газификации твердого топлива развитие получили только некоторые из них. Основными разработчиками соответствующих технологий являются компании Shell, Lurgi, British Gas, Техасо, а также Всероссийский теплотехнический институт, Институт горючих ископаемых, Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского, КАТЭКНИИУголь, МИСиС, УХИН, ДонНТУ, Институт газа НАНУ, УГХТУ и др.

Большинство разработок, связанных с технологией газификации угля, направлено на интеграцию газификатора в парогазовый цикл производства электроэнергии. Известны также разработки технологии производства и использования генераторного газа для нужд металлургии.

1. Первая очередь установок на основе газогенераторов типа Lurgi мощностью 960 тыс. м<sup>3</sup> газа в сутки для обжига гидрооксида алюминия, запущенная в 2007 г. в Павлодаре в АО «Алюминий Казахстана» силами ЗАО «СУЗМК ЭНЕРГО» в партнерстве с «ZVU Engineering» (Чехия).

2. Технология «Термококс» для производства горючего газа энергетического или металлургического назначения, разработанная российскими специалистами под руководством С.Р. Исламова.

3. Опытно-промышленная установка газификации угля в шлаковом расплаве на Новолипецком металлургическом комбинате и пилотная установка в научном центре г. Таеджон для фирмы Samsung Heavy Industries (Ю. Корея), созданные на основе процесса Ромелт, важнейшим элементом которого является газификация угля кислородом и оксидами железа в барботируемом шлаковом расплаве.

В связи с актуализацией проблемы использования продуктов газификации углей, следует обратиться к результатам разработок ИЧМ, совместно с рядом специализированных организаций, применительно к доменной плавке. Выполненная в рамках этих работ, сравнительная оценка способов газификации угля с позиций требований доменной технологии (максимальная температура газа и минимальное содержание окислителей) показала пригодность способов газификации в потоке с помощью циклонных и вихревых аппаратов, а также в шлаковом расплаве и в плотном слое с жидким шлакоудалением.

Возможны две схемы подачи в доменную печь горючих восстановительных газов (ГВГ), отличающиеся расположением газогенераторов относительно доменной печи и их единичной мощностью: с подачей восстановительного газа из индивидуальных реакторов-газификаторов (РГ) на каждую фурму ДП; с подачей из одного или нескольких мощных РГ через кольцевой газопровод в фурмы ДП. Обе схемы имеют свои преимущества и недостатки. Подача по первой схеме позволяет снизить потери за счет сокращения протяженности трубопровода горячего газа, лучше организовать окружное распределение газа, однако усложняется процесс синхронного управления газогенераторами. При подаче по второй схеме больше гидравлические и тепловые потери, однако, использование большей мощности газогенераторов уменьшает энергетические потери при производстве газа и возможны промежуточные этапы обработки газа (шлакоотделение, очистка, нагрев, компримирование).

#### **Прифурменная газификация углей (ПФГ)**

Газогенератор для энерготехнологической схемы РГ-фурма разрабатывался на основе газогенератора пылеугольного топлива вихревого типа Объединён-

## ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

**Таблица 1. Ожидаемые показатели доменной плавки на ДП 5000 м<sup>3</sup> ПАО «АМКР» при вдувании ПУТ, ПГУ-ГВГ, а также минимизации расхода кокса ( $K_{мин}$ ) за счет увеличения температуры дутья и перевода сырого известняка из доменной шихты в агломерационную**

Показатели	База	ПУТ <sub>250</sub>	ПГУ <sub>400</sub>	ПГУ <sub>400</sub> K <sub>мин</sub>
<b>Суточная производительность, т/сут.</b>	<b>9604</b>	<b>9170</b>	<b>7910</b>	<b>9012</b>
<b>Расход кокса, кг/т чугуна</b>	<b>483</b>	<b>308</b>	<b>342</b>	<b>250</b>
<b>Дутье:</b> расход, м <sup>3</sup> /мин	6674	6389	3060	2172
температура, °С	1090	1090	1090	1300
содержание кислорода, %	30,5	30,5	30,5	30,5
Расход природного газа, м <sup>3</sup> /т	87	0	0	0
<b>Расход вдуваемого угля, кг/т</b>	<b>0</b>	<b>250</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
<b>ГВГ-ПГУ:</b> количество, м <sup>3</sup> /т чугуна	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1106</b>	<b>1106</b>
температура, °С	-	-	1590	1693
содержание СО+Н <sub>2</sub> , %	-	-	60,3	60,3
<b>Колошниковый газ:</b> температура, °С	<b>81</b>	<b>308</b>	<b>289</b>	<b>185</b>
содержание, %: СО	29,1	27,9	29,3	28,3
СО <sub>2</sub>	19,8	22,4	19,0	19,9
Н <sub>2</sub>	7,7	5,0	8,3	9,2
Известняк / конверт. шлак, кг/т	35/56	47/56	132/55	0/57
<b>Количество шлака, кг/т</b>	<b>416</b>	<b>445</b>	<b>550</b>	<b>545</b>
Расход кислорода (расч.), м <sup>3</sup> /т	141	142	79	49
<b>Теоретическая температура горения, °С</b>	<b>2219</b>	<b>2328</b>	<b>2056</b>	<b>2054</b>
<b>Прямое восстановление оксида Fe, %</b>	<b>35,9</b>	<b>33,1</b>	<b>22,0</b>	<b>28,3</b>
Использование СО+Н <sub>2</sub> , %	40,5	44,4	39,1	41,3
<b>Общий приход теплоты, кДж/кг</b>	<b>4425</b>	<b>4917</b>	<b>5314</b>	<b>4617</b>
<b>Потребность теплоты, кДж/кг</b>	<b>3899</b>	<b>3846</b>	<b>3777</b>	<b>3591</b>
<b>Потери теплоты, кДж/кг</b>	<b>302</b>	<b>247</b>	<b>373</b>	<b>388</b>

ного Института высоких температур РАН (ОИВТ РАН, Россия). В течение ряда лет в ОИВТ РАН и ИЧМ НАНУ проводились аналитические и экспериментальные исследования по отработке конструкции и режима работы газогенератора с получением горячих восстановительных газов для вдувания в доменные печи. Выполненные расчеты и экспериментальные исследования показали возможность получения ГВГ с температурой до 2000 °С и содержанием окислителей 1-2 %, формирования защитного гарнисажа нужной толщины для обеспечения высокой стойкости газогенератора, создания на базе РГ ОИВТ РАН компактного газогенератора, габариты которого позволяют установить его в пределах существующего фурменного прибора и работающего в режиме с выносом всей ожигенной золы угля в фурменный очаг вместе с получаемым ГВГ. После стендовых испытаний реактор демонтирован и перенесен на ДП№2 ОАО «Тулачермет». Испытания в течение двух месяцев показали принципиальную возможность реализации разработки после устранения некоторых недостатков изготовления реактора.

Для анализа особенностей новой технологии и ожидаемых результатов выполнены расчеты на модели, разработанной в ИЧМ НАНУ (табл. 1). В качестве базового периода приняты параметры работы ДП - 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». Вариант ПУТ предполагает вдувание 250 кг/т чугуна малозольного угля (до 10 % золы, 13 % летучих), а вариант ПГУ – вдувание ГВГ-ПГУ из высокозольных углей (25 % золы, 25 % летучих) в количестве 400 кг угля на 1 т

чугуна, предполагающем замещение количества кокса, близкого к варианту ПУТ.

Аналитические и экспериментальные исследования прифурменной газификации угля позволили выявить закономерности процессов и разработать ряд новых технических решений на уровне изобретений, положенных в основу новой технологии доменной плавки.

### Придоменная газификация углей

Данная схема подачи ГВГ предполагает получение всего газа, необходимого для доменной плавки, в одном газификаторе высокой производительности с разводкой его по фурмам. В роли газификатора может быть использована одна из печей доменного цеха, переведенная в режим работы газогенератора. В зависимости от используемого способа возможны варианты: 1 - слоевой газогенератор – СГГ, 2 - жидкофазный газификатор – ЖФГ.

1. ДП реконструируется в газогенератор (СГГ) некоксуемого угля путем оборудования ее дополнительными заплечиками, газоотборными каналами и коллектором горячего восстановительного газа. Дополнительные заплечики располагаются в районе низа шахты и распара и предназначены для разделения газогенератора на две зоны: верхнюю – зону подготовки шихты и нижнюю – зону обработки шихты с получением ГВГ.

В верхней зоне СГГ осуществляется прогрев шихты и удаление гигроскопической влаги (балласта ГВГ). В нижней зоне ведется процесс получения ГВГ путем паровоздушной газификации угля с жидким

Таблица 2. Расчетные показатели и параметры плавки на ДП № 9 ПАО «АМКР»

Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5
Удельная производительность, т/(м <sup>3</sup> ·сут)	1,37	1,51	1,56	1,38	1,44
Расход кокса, кг/т чугуна	<b>251</b>	<b>267</b>	<b>291</b>	<b>187</b>	<b>221</b>
Дутье для доменной печи: расход, м <sup>3</sup> /мин	1799	2249	2763	861	457
температура, °С	1100	1100	1100	1300	100
содержание кислорода, %	27	27	27	30	90
Расход тех. кислорода, м <sup>3</sup> /т	33	38	45	23	90
Загружено угля в газификатор, кг/т чугуна	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>	<b>400</b>
Дутье для газификации угля: расход, м <sup>3</sup> /кг	2,34	1,59	1,06	3,02	3,02
температура, °С	<b>1100</b>	<b>700</b>	<b>100</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>
содержание: O <sub>2</sub> , %	<b>27</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>21</b>	<b>21</b>
Коэффициент окислителя, моль O/моль C	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ПГУ: количество, м <sup>3</sup> /т чугуна	1188	959	799	1395	1395
температура, °С	1577	1563	1567	1595	1595
содержание CO+H <sub>2</sub> , %	56	69	83	48	48
Колошниковый газ: температура, °С	177	120	141	97	97
содержание, %: CO	25,0	28,9	32,1	20,5	24,0
CO <sub>2</sub>	19,1	21,5	23,0	19,1	20,3
H <sub>2</sub>	8,6	9,6	10,2	8,0	8,7
Количество шлака, кг/т	429	429	431	426	427
Теоретическая температура горения, °С	<b>1879</b>	<b>1946</b>	<b>2034</b>	<b>1787</b>	<b>1870</b>
Количество сухого колошникового газа, м <sup>3</sup> /т	1679	1517	1459	1620	1565
Прямое восстановление оксида Fe, %	<b>24,2</b>	<b>23,1</b>	<b>21,3</b>	<b>24,2</b>	<b>23,3</b>
Использование CO+H <sub>2</sub> , %	43,3	42,7	41,7	48,3	45,9
Общий приход теплоты, кДж/кг	4470	4144	4130	4240	4214
в том числе: горение кокса	1085	1235	1466	570	862
теплота дутья и добавок	3278	2801	2556	3565	3246
Потребность теплоты, кДж/кг	3431	3396	3343	3458	3443
Энтальпия колошникового газа, кДж/кг	641	377	413	361	357
Потери теплоты, кДж/кг	<b>398</b>	<b>372</b>	<b>375</b>	<b>420</b>	<b>414</b>
Теплотворность колошникового газа, кДж/м <sup>3</sup>	4093	4698	5165	3455	3981
Интенсивность: по коксу, кг/м <sup>3</sup> ·сут.	337	393	444	254	312

шлакоудалением. Дополнительные заплеки формируют успокоительную зону (газовую камеру) ГВГ перед газоотборными штуцерами и коллектором и снимает давление столба шихты находящейся в зоне подготовки, на реагирующий с паровоздушным дутьем слой в зоне обработки. На фурмах СГГ осуществляется газификация угля горячим, атмосферным дутьем. Для поддержания теоретической температуры горения 1900–2000 °С с целью формирования в горне СГГ рационального температурного поля, обеспечивающего образование и удаление жидких продуктов (шлака и чугуна) и температуру производимого ГВГ на уровне 1200 °С. Основная часть образующегося ГВГ отбирается из кольцевой полости, образованной поверхностями кольцевого пережима и стенки печи, и направляется для вдувания в доменную печь. Другая (небольшая) часть газа идет через нижнюю часть кольцевого пережима на подготовку шихтовых материалов и отводится из шахтной печи через колошник. В качестве угольной базы газогенератора рекомендуется применять кусковый некоксующийся уголь, например, марок Т, Д, А, СС крупностью 5–50 мм.

2. ЖФГ: достижение высокой производительности получения ГВГ возможно также на основе технологии газификации угля в жидкой ванне. Выбор

в качестве реакционной среды шлакового расплава обеспечивает высокий температурный уровень и, следовательно, высокую производительность процесса, значительные экологические выгоды и простоту конструкции основного оборудования. Помимо этого, при газификации угля в расплаве можно на одном и том же оборудовании использовать практически любой уголь без ограничений по составу, влажности и крупности. При расположении установки для газификации на металлургическом комбинате возможно использовать в качестве флюса сталеплавильные шлаки, содержащие СаО и оксиды железа. При этом выход чугуна значительно увеличится, в результате чего за счёт попутной продукции можно покрыть долю расходов на топливо для производства ГВГ. При газификации в шлаковом расплаве угля исключается полностью недожог топлива. Отработка технологии газификации угля в шлаковом расплаве осуществлялась на опытной установке Ромелт Новолипецкого МК, на которой был получен ГВГ с температурой 1200 °С и содержанием CO+H<sub>2</sub> до 90 %.

Для анализа влияния параметров газификации углей на формирование состава и свойств вдуваемых в доменную печь через фурмы ПГУ, а также на конечные показатели доменной плавки, выполнили ком-

плекс расчетно-аналитических исследований при варьировании параметров дутья в широком диапазоне: кислород от 21 до 90 %; температура от 1300 до 100 °С. Особенностью газификации угля в придоменном газификаторе является вдувание ПГУ в ДП без золы, которая остается в газификаторе. В табл. 2 приведены основные расчетные показатели и параметры процессов для ДП № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» при различных параметрах дутья для газификации угля в придоменном газификаторе и дутья для газификации кокса на фурмах печи. В вариантах 1–3 увеличивали концентрацию кислорода и уменьшали температуру дутья газификатора, в вариантах 4 и 5 уголь газифицировали атмосферным дутьем с максимально-возможной температурой при вдувании в доменную печь горячего дутья в вар. 4 и холодного кислорода в вар. 5.

На основе полученных результатов расчета установлено, что обогащение дутья для газификации угля кислородом до 40–60 % позволяет получать высокопотенциальный ГВГ, вдувание которого в доменную печь оказалось, однако, менее эффективным, чем вдувание ГВГ, полученного на атмосферном дутье с максимально-возможной температурой. Задача повышения производительности при необходимости решается подачей кислорода в дутье доменной печи (вар. 5).

В ИЧМ НАНУ ведутся разработки **по переводу доменных печей в режим газогенератора** для получения восстановительного газа, пригодного к использованию в технологических и энергетических агрегатах в качестве высокотеплотворного топлива. В настоящее время в Украине насчитывается 36 ДП, из которых в работе 28. В резерве металлургических комбинатов находится 3 печи, к 2014 г. планируются к списанию 4 ДП. В сложившихся конъюнктурных условиях эти ДП могут быть пригодны для выполнения функции газификации углей.

При выборе углей для газификации следует предпочесть тощие, антрациты, которые выделяют при нагреве незначительное количество смол и достаточно доступны. Особенностью использования доменной печи в качестве газогенератора является возможность использования твердых кусковых материалов, загружаемых с углем. Эти материалы содержат флюсующие добавки и другие полезные компоненты, извлекаемые в расплавы (чугун и шлак), которые образуются в качестве попутных продуктов при газификации угля. Целесообразно для этих целей использовать металлургические шлаки – конвертерный, сварочный, ферромарганцевый, силикомарганцевый с извлечением полезных компонентов в расплав. Таким способом, наряду с энергетическими, решаются экономические и экологические проблемы предприятия и отрасли. Использованием металлургических шлаков решается важная технологическая задача: поскольку они не содержат легковосстановимых оксидов, отдающих кислород в шахте «косвенным» путем, отходящий газ не пополняется газообразными продуктами восстановления ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ), которые

уменьшают его теплоту сгорания. При задании в шихту самофлюсующейся смеси шлаков силикомарганца, ферромарганца и конвертерного шлака, полученный в ходе плавки металл содержит до 20 % марганца. Его можно добавлять в чугун других доменных печей с выводом из их шихты этих печей марганцевых добавок, что способствует экономии кокса.

Таким образом, в ходе решения задачи замещения кокса и природного газа в доменной плавке путем совершенствования технологии выполняется комплексная работа по использованию ДП как многофункциональных агрегатов для решения энергетических, экологических и связанных с ними социально-экономических задач отрасли и региона. Указанные отечественные разработки целесообразно включить в комплекс работ, намечаемых руководством страны в плане замещения импортного природного газа и вовлечения в производственный оборот низкосортного угля собственной добычи.

### Заключение

В рамках решения комплекса проблем сокращения расхода кокса и замещения природного газа в доменной плавке ИЧМ НАНУ совместно с другими организациями выполнены комплексные разработки, реализация которых позволит не только решить поставленную задачу, но также оказать положительное воздействие на решение энергетических, экологических и связанных с ними социально-экономических задач отрасли и региона.

Показано, что замещение части кокса и всего вдуваемого природного газа продуктами газификации низкосортных углей в работающих ДП при использовании резервных доменных печей для организации процессов газификации углей позволит сократить расход кокса до уровня, соизмеримого с вариантом вдувания максимального количества пылеугольного топлива, ресурсы которого ограничены. Получение в некоторых ДП топливных газов энергетического назначения призвано улучшить топливный баланс предприятия и региона при одновременном положительном воздействии на экологическую обстановку.

Указанные отечественные разработки целесообразно включить в комплекс работ, намечаемых руководством страны в плане замещения импортного природного газа и вовлечения в производственный оборот низкосортного угля собственной добычи.

### Библиографический список

1. Оприщенко, И. Модернизация в украинском ГМК-2012: капля от необходимого: [электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://ugmk.info/>.
2. Кукин С. Минус газ: [электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://investgazeta.net/>.
3. Альтернативные коксоберегающие технологии – перспектива развития доменного производства / И.Г. Товаровский, В.И. Большаков, В.П. Лялюк // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2011. – № 2. – С. 10–13.

Поступила 14.11.2012