

# Переработка сырья и ресурсосбережение

УДК 662.74.002.2

**Рудыка В.И.,** канд. эконом. наук, **Малина В.П.,**  
**Федак С.П., Цымбал А.А.**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГИПРОКОКС», Харьков**  
ул. Сумская, 60, 61002 Харьков, Украина, e-mail: [giprokoks@ic.kharkov.ua](mailto:giprokoks@ic.kharkov.ua)

## Основные тенденции развития мирового коксохимического производства на современном этапе

Представлены материалы, характеризующие современное состояние мировой коксохимической промышленности. Сформулированы основные тенденции ее развития. Приведены данные по производству кокса основными мировыми производителями. Показано, что замедление темпов технического развития коксохимии необходимо компенсировать созданием гибких по отношению к угольной базе технологий, способствующих получению кокса требуемого качества, сокращению затрат на его производство и снижению уровня загрязнения окружающей среды. Показана особая значимость применения технологии сухого тушения кокса в коксохимическом производстве и роль ГП «ГИПРОКОКС» в развитии и усовершенствовании этой энергосберегающей технологии, ее продвижении на мировом рынке. Рассмотрены основные технологические аспекты двухпродуктовой технологии производства кокса, обеспечивающей, кроме его получения как основного продукта, получение коксового газа, содержащего более 60 % водорода и 30 % оксида углерода. Получение коксового газа указанного состава позволяет значительно расширить сферы его применения. Рассмотрены технологии, направленные на расширение угольной сырьевой базы коксования и улучшение качества металлургического кокса. *Библ. 6, рис. 2, табл. 2.*

**Ключевые слова:** кокс, коксохимическое производство, коксовый газ.

Стремительный рост в последние годы мирового производства стали, опережающий все прогнозы, ставит перед коксохимической промышленностью все новые и новые задачи по обеспечению доменных печей достаточным количеством высококачественного кокса [1].

В мире создано значительное количество мощностей по производству металлургического кокса. В табл.1 представлены данные компании Resource-Net о мировых мощностях по коксу.

Данные компании Resource-Net о производстве кокса крупнейшими производителями за последние годы представлены в табл.2.

Мировые мощности по коксу постоянно поддерживаются и обновляются. Возраст коксовых батарей по странам и регионам различный, однако в среднем он составляет 25–26 лет. Насущность задачи его продления продолжает оставаться актуальной, так как имеются батареи, прослужившие 40 и более лет, однако все понимают, что этот путь требует больших капитальных затрат. Старые морально и физически изношенные батареи выводятся из эксплуатации, либо разбираются и перекладываются на современном техническом уровне. На месте старых батарей либо на свободной территории

**Таблица 1. Мировые мощности по коксу, млн т**

Регион	2006 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2016 г.	2021 г.
Европа	56,0	49,2	51,0	51,1	47,8	47,6
СНГ	69,3	64,5	66,4	68,1	67,3	66,7
Северная Америка	23,4	22,9	22,4	22,4	22,1	21,7
Латинская Америка	12,0	15,9	16,4	17,0	17,7	18,9
Южная Африка	4,0	3,5	3,5	3,5	4,1	4,1
Магриб и Ближний Восток	7,8	7,2	7,7	8,0	9,1	9,6
Азия	409,1	537,1	560,1	544,1	703,5	803,7
Азия, исключая Китай	83,6	96,6	99,6	103,6	103,1	103,2
Австралия	3,5	3,5	3,5	3,0	2,8	2,5
Всего	585,0	703,8	731,0	767,2	874,4	974,7
Изменения, %	–	+23,2	+27,2	+36,2	–	–
Всего исключая Китай	259,5	263,3	270,5	276,7	273,9	274,2
Изменения, %	–	–3,2	+7,2	+6,2	–	–

**Таблица 2. Производство кокса (сухой вес) крупнейшими мировыми производителями, млн т/ год**

Страна	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Китай	327,0	345,0	388,0	443,0	476,3	476,9
Япония	35,9	37,4	37,5	36,8	35,2	34,2
Россия	26,6	28,5	28,6	28,9	28,04	28,82
Индия	19,1	19,8	21,5	23,3	21,2	22,142
Украина	16,4	17,5	18,4	17,8	16,6	13,04
Южная Корея	9,6	12,8	14,8	15,6	15,57	16,9
США	10,5	14,7	14,4	14,5	14,57	13,78
Бразилия	7,5	8,6	10,5	11,2	9,44	9,83
Польша	6,9	9,5	9,6	9,7	9,16	9,36
Германия	6,8	8,1	8,1	8,2	8,27	8,74
Всего в мире	540,9	593,6	641,4	649,0	658,4	684,8

строятся новые современные батареи. Большинство собственников и операторов понимает, что если они производят металл, то лучше иметь собственное производство кокса, чем рассчитывать на нестабильный мировой рынок.

### **Технологическое обеспечение производства кокса**

Критика, которой подвергается коксовое производство со стороны приверженцев бескоксовой металлургии, а также со стороны общественности, вызвана прогрессирующим старением действующего печного фонда, ухудшением состояния окружающей среды, вызванным увеличением производственных выбросов изношенными агрегатами, большими капитальными затратами, необходимыми для обновления основных фондов. Эта критика в какой-то степени справедлива.

К сожалению, сложилось так, что в металлургии первоочередное внимание постоянно уделялось развитию переделов, стоящих в конце технологической цепи, то есть производящих

готовую продукцию, куда, как правило, и вкладывались значительные средства. Поэтому мировая коксохимия на протяжении последних двух десятилетий переживала замедление темпов технического развития, что в значительной степени сказалось на внедрении принципиально новых технологических процессов. Чтобы коксовое производство смогло выжить и было конкурентоспособным, оно должно быть оснащено гибкими по отношению к угольной сырьевой базе технологиями, обеспечивающими получение кокса требуемого качества. Эти технологии должны обеспечивать сокращение затрат на производство и предотвращать загрязнения окружающей среды.

В настоящее время производство металлургического кокса осуществляется в основном слоевым процессом коксования в горизонтальных щелевых печах, скомпонованных в коксовые батареи, загружаемые угольной шихтой сверху гравитационным способом, либо работающие на трамбованной шихте, загружаемой в виде угольного бруса сбоку. Получаемый при

этом коксовый газ улавливается и перерабатывается в соответствующих химических цехах.

Разработан и эксплуатируется широкий диапазон конструкций коксовых печей с объемом камеры коксования от 20 до около 80 м<sup>3</sup>.

Мировая практика не располагает освоенными технологиями, которые принципиально изменили бы существующий слоевой процесс коксования в горизонтальных печах. Постоянно ведутся поиски совершенствования, повышения эффективности и наилучшей адаптации технологической базы к динамично меняющимся условиям рынка сырья для коксования, конъюнктуре цен на уголь и кокс, в направлении решения глобальных экологических проблем и др.

В Германии, например, получило распространение строительство коксовых батарей с печами большого объема и шириной камеры коксования до 0,60 м. В 2003 г. на коксохимическом заводе Швельгерн в Дуйсбурге построены две коксовые батареи общей мощностью по коксу 2,64 млн т/год с печами высотой 8,43 м, шириной 0,59 м, объемом 78,92 м<sup>3</sup>. Немецкие специалисты считают, что ширококамерные печи позволяют получать кокс высокого качества для крупных доменных печей из угольных шихт различных составов, создают более благоприятные условия для охраны среды, безопасности и гигиены труда, повышения производительности труда, обеспечивают более равномерный нагрев загрузки [2].

В последние годы строительство новых коксовых заводов — явление в мире не столь частое, а центр тяжести по обновлению мощностей приходится на действующие заводские площадки. Реконструкцией и модернизацией коксовых батарей активно занимаются производители кокса в Украине, Германии, Италии, Польше, Индии, Турции, Японии и других странах. Реконструируемые и вновь строящиеся коксовые батареи оснащаются современными системами автоматизации, механизации, установками по очистке сбрасываемых в атмосферу выбросов.

Другим типом коксовых печей, получившим промышленное развитие, являются печи для коксования без улавливания химических продуктов коксования, или печи «без улавливания». Впервые они построены в 1963 г. американской компанией Jewell Thompson на заводе Vansant в штате Вирджиния. Впоследствии широким внедрением этих печей занималась американская компания Sun Coke, которая в период 1982–2007 гг. существенно расширила масштабы применения этой технологии. Печи представляют собой горизонтальную камеру коксования с арочным сводом. Продукты кок-

сования сжигаются под сводом камеры над коксуемой массой с подачей (подсосом) воздуха снаружи через специальные отверстия. Продукты горения отводятся через сборный коллектор на энергетический узел, где утилизируется тепло. Для батарей с печами «без улавливания» не требуется химическое крыло.

Указанные батареи построены и эксплуатируются в основном в США и Бразилии. Аналогичные печи конструкций других компаний построены и работают в Индии, Китае. Их производительность по коксу находится в пределах 700–1550 тыс. т/год.

К новым разработкам в области коксования следует отнести разработанный и реализованный в Японии проект SCOPE21 (суперпечь по производительности и защите среды XXI века). В нем сочетаются различные относительно новые технологии:

- горизонтальная печь для коксования с высокотеплопроводным динасом, в которой шихта коксуется около 8 ч;
- узел термической подготовки крупной и мелкой шихты с брикетированием последней;
- сухое тушение кокса с доведением кокса до требуемых кондиций в форкамере тушильной камеры.

Японские специалисты планируют, что с применением SCOPE21 будут значительно обновлены печной фонд и батареи в Японии, средний возраст которых превышает 35 лет. Проект реализован на заводах в Оита и Нагойя японской компании Ниппон Стил Сумитомо Металз.

### Технология сухого тушения кокса

В условиях ужесточения требований по охране окружающей природной среды, роста цен на энергоносители, ухудшения качества сырьевой базы коксования технология сухого тушения кокса приобретает особую значимость.

Известна роль ГП «ГИПРОКОКС» (Украина) как пионера в продвижении энергосберегающей технологии сухого тушения кокса на мировом рынке. Созданные этим предприятием установки на протяжении многих лет успешно эксплуатируются в Украине, России, Польше, Венгрии, Финляндии, Японии, Китае, Индии, Бразилии и многих других странах. Технология сухого тушения кокса продолжает совершенствоваться и распространяться далее. На заводах мира эксплуатируются установки сухого тушения кокса (УСТК) с производительностью одной камеры 50–180 т/ч по потушенному коксу.

На заводе Швельгерн используется предложенная компанией Thyssen Krupp Industrial So-

lutions (бывшая Uhde) усовершенствованная так называемая система мокрого тушения кокса со стабилизацией (CSQ), направленная на сокращение уноса вредных веществ через тушильную башню и стабилизацию качественных характеристик кокса и содержания в нем влаги [3].

### Двухпродуктовая технология коксохимического производства

Анализируя и критически оценивая традиционную технологию коксохимического производства, немецкие специалисты пришли к выводу, что используемая в настоящее время схема переработки коксового газа в сочетании с улавливанием и переработкой химических продуктов коксования не вписывается в структуру металлургического предприятия будущего [4]. По их мнению, она не оправдывает себя с экономической точки зрения, усложняет технологическую цепочку «коксовое производство — выплавка металла» и требует существенного усовершенствования.

В связи с этим предложена концепция видоизменения классической схемы производства кокса с улавливанием химических продуктов коксования в двухпродуктовую технологию с получением кокса и «нового коксового газа» (НКГ) (рис.1).

Под НКГ понимают продукт, полученный в результате расщепления молекул углеводородов коксового газа при высоких температурах и давлениях в присутствии кислорода (крекинг-газ), то есть предусматривается использование крекинга — традиционного освоенного способа переработки природного газа и нефтепродуктов. В сравнении с крекингом природного газа НКГ будет содержать более 60 % водорода, более 30 % оксида углерода, остальное — метан и

некоторые примеси, и при этом иметь теплотворную способность более 11000 кДж/нм<sup>3</sup>.

Применение двухпродуктовой технологии сделает использование получаемого продукта НКГ более гибким. Кроме того, авторы концепции считают, что предложенная технология будет иметь следующие преимущества:

- капитальные затраты, необходимые для крекинга, а также десульфурации газа, будут на 15 % ниже затрат, требуемых для обработки коксового газа по классической схеме, что сократит стоимость производства кокса;

- возможно использование НКГ для традиционного получения тепловой энергии либо как восстановительного газа;

- обеспечивается использование более широкого ассортимента коксующихся углей с получением кокса и газа для восстановления железной руды;

- создается перспектива долгосрочного решения проблем защиты окружающей среды от вредных выбросов коксохимического производства.

Возможные направления использования коксового газа, вырабатываемого коксовым производством в составе интегрированного металлургического завода, определяются прежде всего его газовым балансом. В сравнении с другими газами (доменным, конвертерным) НКГ является более ценным продуктом, обладающим более высоким восстановительным потенциалом. Использование его как восстановителя может быть экономически более предпочтительным, чем сжигание в котельных установках с получением пара и электроэнергии. В качестве восстановителя НКГ может быть использован в доменной печи (ДП) или при прямом восстановлении железа (ПВЖ) при температуре ниже 1000 °С с получением губчатого железа (рис.2).

Считается, что сжигание горячего сырого коксового газа в котлах-утилизаторах с получением пара и последующей передачей пара на энергоблок для выработки электроэнергии с технической точки зрения не вызовет проблем. Продукты горения после котлов-утилизаторов должны подвергнуться десульфурации, так как они имеют довольно высокое содержание SO<sub>x</sub> (> 1000 млн<sup>-1</sup>).

Возможность использования НКГ как восстановителя рассматривается по нескольким направлениям.

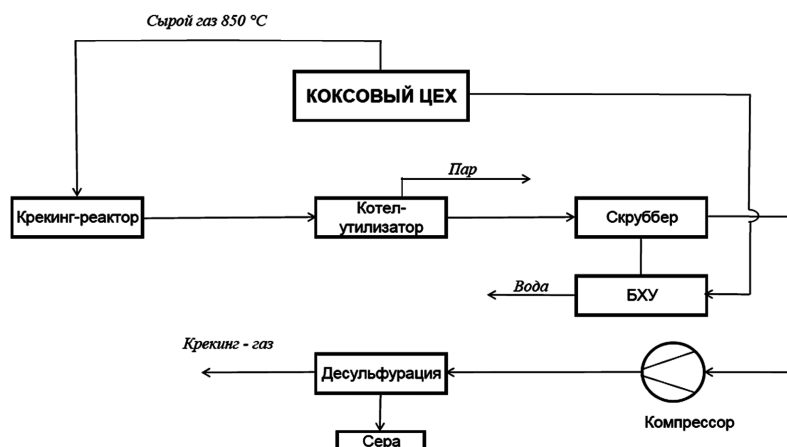


Рис.1. Схема двухпродуктовой технологии коксохимического производства.

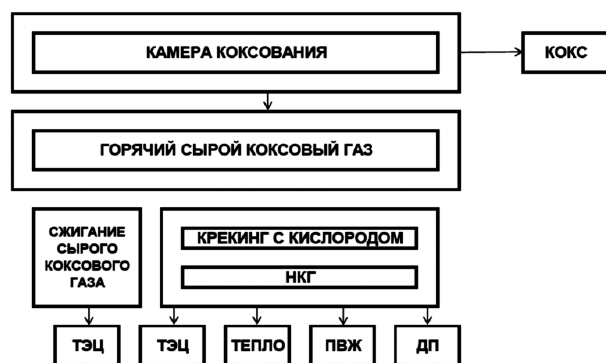


Рис.2. Альтернативные схемы двухпродуктовой технологии.

В зависимости от того, как осуществляется крекинг сырого коксового газа — с кислородом при использовании катализатора или без такового — его температура повышается до 900–1400 °С. Для последующей утилизации НКГ должен быть охлажден (с получением пара, который может быть не востребован, или с утилизацией его тепла другим образом), очищен от серы и компримирован до необходимого давления, обусловленного технологическим процессом.

Перед вдуванием НКГ в фурменную зону ДП его необходимо вновь подогреть до 1250 °С и при вдувании в шахту ДП — до 1000 °С. Использование для подогрева НКГ тепла, уносимого им из крекинг-реактора, в прямом теплообменнике является проблематичным из-за значительного расстояния между коксовым и доменным цехами. Поэтому использование НКГ для вдувания в фурменную зону ДП представляется на данном этапе нереальным, а в шахту ДП — может дать экономический эффект при создании определенных технологических условий.

Более предпочтительным является использование НКГ для прямого восстановления кусковой железной руды или окатышей с получением губчатого железа или железосодержащих брикетов.

### Технологии, направленные на расширение угольной сырьевой базы коксования и улучшение качества металлургического кокса

Многолетняя мировая практика производства металлургического кокса показала, что для получения высококачественного сырья для выплавки чугуна, а таким сырьем является кокс, производители доменного кокса должны соблюдать следующие основные принципы:

1) выбирать оптимальный состав угольной шихты для коксования, то есть смесь таких марок углей, из которой может быть получен кокс максимально возможной прочности (по показателям М40, М25, М10, либо CSR — прочность

кокса после реакции с  $\text{CO}_2$ ) без применения специальных технологий подготовки шихты и потушенный мокрым способом;

2) технологии подготовки угольной шихты должны соответствовать ее оптимальному марочному составу и иметь возможности для надлежащего дробления, дозирования, усреднения, а при необходимости для использования процессов, направленных на повышение спекающей способности углей;

3) установление и соблюдение оптимальных режимов самого процесса коксования (температурный и гидравлический режимы коксовых печей, время коксования и т.п.), регламентированных правилами технической эксплуатации;

4) желательна дополнительная обработка кокса перед подачей его в доменный цех.

Специализированными мировыми компаниями был выполнен комплекс поисковых работ по разработке и внедрению в промышленное производство технологий, позволяющих расширить угольную сырьевую базу коксования для более широкого использования слабоспекающихся углей. Работы велись по таким направлениям [5]:

- производство формованного металлургического кокса (ФМК);
- избирательное измельчение шихты с пневматической сепарацией в отделителях с кипящим слоем;
- термическая подготовка угольной шихты перед коксованием (ТПШ);
- частичное брикетирование угольной шихты перед коксованием (ЧБШ);
- трамбование угольной шихты;
- непрерывное коксование в вертикальных печах.

В результате такие технологии были внедрены на заводах разных стран, в том числе в Украине, в промышленных масштабах (ТПШ, ЧБШ, трамбование). Их использование позволяет достичь положительных результатов с точки зрения расширения сырьевой базы коксования и улучшения качества кокса.

Технология ЧБШ, например, наиболее широкое распространение получила в Японии. Технология трамбования используется в Польше, Германии, Республике Чехия, Индии, Китае, Украине и других странах.

По мнению экспертов, технология трамбования является наиболее эффективным направлением внепечной подготовки шихты для коксования с точки зрения повышения качества кокса и снижения издержек в металлургическом производстве.

Указанные технологии позволяют привлечь в шихту для коксования около 30 % более де-

шевых слабоспекающихся углей, сохранив качество кокса на требуемом уровне, сэкономить на расходе хорошо коксующихся углей и тем самым снизить стоимость металлургического кокса.

В настоящее время на некоторых коксохимических производствах Украины и Польши построены коксовые батареи с технологией трамбования угольной шихты по проектам ГП «ГИПРОКОКС».

### Цехи улавливания и переработки продуктов коксования

Химическая составляющая коксохимического производства за последние годы не претерпела принципиальных изменений. Продолжается ее усовершенствование и внедрение новых технических решений по обработке коксового газа [6].

Необходимость их разработки была обусловлена следующим:

- экологическими проблемами (необходимостью снижения эмиссий  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , эффективной очистки сточных вод и др.);

- экономическими аспектами (эксплуатационной надежностью, сокращением ремонтов, снижением затрат энергоресурсов и затрат на оплату труда, ценностью улавливаемых продуктов: смолы, БТК, сульфата аммония, серы);

- требованиями заказчиков (необходимостью обеспечения высокого уровня безопасности производства, автоматизации, гибкости производства).

К типичным характеристикам по составу коксового газа, с которыми работают зарубежные компании, относится содержание в сыром коксовом газе,  $\text{г/нм}^3$ :  $\text{NH}_3$  – 6–12;  $\text{H}_2\text{S}$  – 3–12; БТК – 20–40; смолы – 60–125.

Типичными продуктами улавливания являются элементарная сера чистотой > 99 %, сырая смола с содержанием воды < 4 %, сырые БТК, а также сульфат аммония, серная кислота. На последних построенных установках достигается содержание в очищенном коксовом газе,  $\text{г/нм}^3$ :  $\text{NH}_3 \leq 0,03$ ;  $\text{H}_2\text{S} \leq 0,5$ ; нафталина  $\leq 0,1$ ; БТК  $\leq 5$ ; смолы  $\leq 0,02$ .

### Выводы

В последние годы мировое производство стали стабильно растет, что обуславливает рост потребности в высококачественном доменном коксе и, следовательно, в создании необходи-

мых для его производства мощностей. Мировые мощности по коксу постоянно поддерживаются и обновляются.

Устаревшие морально и физически изношенные коксовые батареи выводятся из эксплуатации либо разбираются и перекладываются на современном техническом уровне. Осуществляется строительство новых коксовых батарей с сопутствующими объектами.

Ведутся поиски совершенствования и повышения уровня технической базы производства кокса. Разработан и эксплуатируется широкий диапазон конструкций коксовых печей с разными объемами камер коксования. Внедряются новые проекты в области коксования. Получила распространение конструкция печей для коксования без улавливания химических продуктов.

Широко распространена разработанная ГП «ГИПРОКОКС» энергосберегающая технология сухого тушения кокса, совершенствуются технологии мокрого тушения кокса.

Активно внедряются технологии, направленные на расширение угольной сырьевой базы коксования и улучшение качества металлургического кокса. Совершенствуется химическая составляющая коксохимического производства.

### Список литературы

1. Рудыка В.И., Малина В.П. Сталь, уголь, кокс – 2014 и перспектива : Аналитический обзор саммита «Европейский кокс 2014», Эдинбург, Великобритания, 28–30 мая 2014 г. // Кокс и химия. – 2014. – № 7. – С. 15–25.
2. Neuwirth R., Redman A. High-Capacity Coke Oven Batteries // «Eurocoke Summit 2014» Proceeding, Edinburgh, Great Britain, 28–30 Apr. 2014.
3. Gordon J. Technical Innovations in Cokemaking // «Met Coke World Summit 2015» Proceeding, Pittsburgh, USA, 27–29 Oct. 2015.
4. Малина В.П. Двухпродуктовая технология коксохимического производства // Справочник коксохимика / Гл. ред. А.Г.Старовойт. – Харьков : ИНЖЭК, 2014. – Т. 2. – С. 683–687.
5. Valia H.S. A futuristic perspective. Short course of alternative coke production technologies // «Eurocoke Summit 2014» Proceeding, Edinburgh, Great Britain, 28–30 April 2014.
6. Otte B., Kern W., Esposito A. Case Studies. Worldwide Installed New COG Treatment Plants // «Eurocoke Summit 2015» Proceeding, Amsterdam, Holland, 14–16 April 2015.

Поступила в редакцию 23.03.17

**Рудика В.І., канд. економ. наук, Малина В.П.,  
Федак С.П., Цимбал О.А.**

**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ГІПРОКОКС», Харків**  
*вул. Сумська, 60, 61002 Харків, Україна, e-mail: giprokoks@ic.kharkov.ua*

## **Основні тенденції розвитку світового коксохімічного виробництва на сучасному етапі**

Представлено матеріали, що характеризують сучасний стан світової коксохімічної промисловості. Сформульовано основні тенденції її розвитку. Наведено дані щодо виробництва коксу основними світовими виробниками. Показано, що уповільнення темпів технічного розвитку коксохімії необхідно компенсувати створенням гнучких по відношенню до вугільної бази технологій, що сприяють одержанню коксу необхідної якості, скороченню витрат на його виробництво та зниженню рівня забруднення навколишнього середовища. Показано особливу значимість застосування технології сухого гасіння коксу в коксохімічному виробництві та роль ДП «ГІПРОКОКС» у розвитку та вдосконаленню цієї енергозберігаючої технології, її просуванні на світовому ринку. Розглянуто основні технологічні аспекти двохпродуктової технології виробництва коксу, що забезпечує, крім його отримання як основного продукту, одержання коксового газу, який містить більше 60 % водню та 30 % оксиду вуглецю. Одержання коксового газу зазначеного складу дає змогу значно розширити сфери його застосування. Розглянуто технології, спрямовані на розширення вугільної сировинної бази коксування та поліпшення якості металургійного коксу. *Бібл. 6, рис. 2, табл. 2.*

**Ключові слова:** кокс, коксохімічне виробництво, коксовий газ.

**Rudyka V.I., Candidate of Economic Sciences, Malyna V.P.,  
Fedak S.P., Tsymbal O.A.**

**STATE ENTERPRISE «GIPROKOKS», Kharkov**  
*60, Sumska Str., 61002 Kharkov, Ukraine, e-mail: giprokoks@ic.kharkov.ua*

## **The Main Trends in the Development of World Coke-Chemical Industry at the Present Stage**

Materials describing the current state of the global coke industry and the main trends of its development are represented. Data on production of major coke producers in the world are also represented. It is shown that the slowdown of technical development of coke industry requires to compensate it by creating of flexible towards to coal base technology, which would contribute to produce coke of desired quality, reduction of cost production and reduce environmental pollution. Shown special significance of use of technology of coke dry quenching in coke production and the role of SE «GIPROKOKS» in the development and improvement of this energy saving technology, its promotion on the world market. Are considered the main technological aspects of two-products technology of coke production, that provide in addition to obtaining the coke as the main product to produce coke-oven gas containing more than 60 % hydrogen and 30 % carbon monoxide. Receiving the coke oven gas of a specified composition allows to significantly expand the scope of its application. Are considered technology directed to the expanding of coal raw materials base of coking and improving the quality of metallurgical coke. *Bibl. 6, Fig. 2, Tab. 2.*

**Key word:** coke, coke-chemical industry, coke-oven gas.

**References**

1. Rudyka V.I., Malyna V.P. Stal', ugol', koks – 2014 i perspektiva : Analiticheskij obzor sammita «Eurocoke Summit 2014» Proceeding, Edinburgh, Great Britain, 28–30 May 2014, *Coks i Himiya*, 2014, (7), pp. 15–25. (Rus.)
2. Neuwith R., Redman A. Hight-Capacity Coke Oven Batteries, «Eurocoke Summit 2014» Proceeding, Edinburgh, Great Britain, 28–30 April 2014.
3. Gordon J. Technical Innovations in Cokemaking, «Met Coke World Summit 2015» Proceeding, Pittsburgh, USA, 27–29 Oct. 2015.
4. Malyna V.P. Dvuhproduktovaja tehnologija koksohimicheskogo proizvodstva, Spravochnik koksohimika, Ed. A.G.Starovojt, Kharkov : INZHEK, 2014, (2), pp. 683–687. (Rus.)
5. Valia H.S. A futuristic perspective. Short course of alternative coke production technologies, «Eurocoke Summit 2014» Proceeding, Edinburgh, Great Britain, 28–30 April 2014.
6. Otte B., Kern W., Esposito A. Case Studies. Worldwide Installed New COG Treatment Plants, «Eurocoke Summit 2015» Proceeding, Amsterdam, Holland, 14–16 April 2015.

Received March 23, 2017