

Топливо и энергетика

УДК 669.162.16:338.45

Рудыка В.И., канд. эконом. наук
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ КОКСОХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ», Харьков**

ул. Сумская, 60, 61002 Харьков, Украина, e-mail: giprokoks@ic.kharkov.ua

Энерго- и ресурсосберегающие технологии в проектах ПП «ГИПРОКОКС»

Представлен опыт работы ПП «ГИПРОКОКС» по внедрению энергосберегающих технологий и повышению энергоэффективности при разработке научно-технической документации для строительства новых и реконструкции действующих коксохимических предприятий. Использован системный подход к энергосбережению. Описаны основные направления по энергосбережению в коксохимическом производстве: энергосберегающие мероприятия при выпуске основной продукции — кокса и химических продуктов коксования; внедрение технологии трамбования угольной шихты совместно с сухим тушением кокса. Рассмотрен актуальный вопрос термохимической переработки низкосортного каменного угля, бурого угля и другого углеродсодержащего сырья в моторные топлива и другие технологические продукты. *Библ. 11, рис. 3.*

Ключевые слова: коксохимическое производство, энергосбережение, вторичные энергоресурсы, кокс, коксовые батареи, термохимическая переработка углеродсодержаще-

Металлургическая промышленность является одним из основных потребителей энергетических ресурсов. Это особенно характерно для доменного и коксохимического производства.

Технологический процесс получения кокса заключается в нагреве угольной шихты без доступа воздуха до температуры 1000–1100 °С. В процессе нагрева из шихты выделяется большое количество коксового газа, который после улавливания из него химических продуктов коксования и очистки от сероводорода используется для обогрева коксовых печей, а часть его передается на металлургический комбинат или используется для других целей. Использование отопительного газа собственного производства является важным фактором экономи-

ческой эффективности коксохимического производства.

Для коксохимического производства характерно большое разнообразие энергоемких технологических процессов. Цехи коксохимических предприятий занимают большие площади, инженерные сети и технологические коммуникации имеют протяженность в десятки километров. Эти факторы определяют разнообразие подходов в решении вопросов энергоэффективности и энергосбережения по всему технологическому циклу.

Мероприятия по энергосбережению подразделяются на технологические, организационно-технические, конструкторско-технологические и компоновочные [1].

Наиболее эффективными из них являются технологические. К ним относятся разработка и применение менее энергоемких технологий, использование вторичных энергоресурсов, повышение качества кокса, который при последующем использовании в доменном процессе способствует снижению энергозатрат [2].

Энергосбережение является одной из важнейших задач при разработке научно-технической документации, выполняемой ГП «ГИПРОКОКС», для строительства новых и реконструкции действующих коксохимических предприятий и производств.

В настоящее время в двадцати пяти из сорока шести стран-производителей металлургического кокса эксплуатируются коксохимические объекты, построенные по проектам ГП «ГИПРОКОКС». По его технической документации построено 59 коксохимических предприятий и производств: в Украине — 17; в других странах СНГ — 17; в странах Европы, Азии, Африки — 25.

Коксовые батареи, сконструированные ГП «ГИПРОКОКС», построены в Китае, Индии, Пакистане, Иране, Египте, Алжире, Турции, Болгарии, Италии, Чехии, Польше, Финляндии и других странах. За последние 10 лет по проектам предприятия были введены в эксплуатацию 18 комплексов коксовых батарей.

По проектам ГП «ГИПРОКОКС» ведется активное строительство коксохимических объектов на площадках Индии (Bhilai Steel Plant, Rourkela Steel Plant, IISCO Steel Plant, NMDC LIMITED), Италии (ILVA, г. Таранто), Бразилии (USIMINAS, г. Ипатинга) и др.

Важным направлением в области энергосбережения в работах ГП «ГИПРОКОКС» является снижение энергозатрат при выпуске основной продукции. Среди основных энергосберегающих мероприятий следует отметить:

- использование низкокалорийного доменного газа взамен высококалорийного коксового газа для обогрева коксовых батарей;

- увеличение доли более дешевых отечественных газовых и слабоспекающихся углей в шихте для печей с технологией трамбования шихты (рис.1);

- использование гидроинжекции вместо пароинжекции для бездымной загрузки шихты в камеры коксования;

- устройство пароперегревателей в трубчатых печах нагрева поглотительного масла для увеличения температуры и уменьшения расхода «острого» пара, подаваемого в дистилляционную колонну в бензолемном отделении;

- широкое применение преобразователей частоты тока к электродвигателям нагнетателей



Рис.1. Коксовая батарея с технологией трамбования угольной шихты.

- и насосного оборудования химических цехов коксохимического производства, позволяющее оптимизировать количество потребляемой электроэнергии;

- применение высокоэффективного теплообменного оборудования [3].

Большое внимание уделяется улучшению физико-механических характеристик кокса: реакционной способности, прочности и снижению зольности, так как определяющим фактором, влияющим на уровень энергетических затрат на выплавку чугуна, является качество кокса. Улучшение качества кокса может обеспечить до 5 % экономии энергозатрат на выплавку чугуна, а учитывая, что на производство 1 т чугуна расход кокса составляет до 0,5 т, в масштабах Украины экономия угля и соответственно кокса может составить около 1 млн т/год.

Повышение качества кокса обеспечивается в результате применения инновационных технологий и современного оборудования по всему технологическому циклу производства — от специальных методов подготовки угольной шихты до оптимизации режимов коксования, применения сухого способа тушения кокса.

Другим направлением в области повышения энергоэффективности коксохимического производства и снижения энергозатрат является использование вторичных энергоресурсов (ВЭР).

В коксохимическом производстве основными источниками ВЭР являются теплосодержание раскаленного кокса, теплосодержание продуктов горения отопительной системы коксовых батарей, тепло прямого коксового газа. В химических цехах к источникам ВЭР относится низкотемпературное тепло теплообменных процессов в технологии очистки коксового газа и переработки химических продуктов коксования [4].

К основным мероприятиям по использованию вторичных энергоресурсов, применяемым в проектах ГП «ГИПРОКОКС», относятся:

- утилизация тепла раскаленного кокса при сухом тушении;
- утилизация тепла дымовых газов коксовых батарей;
- использование тепла прямого коксового газа, выходящего из газосборников коксовой батареи, для нагрева в первичных газовых холодильниках поглотительного раствора цеха сероочистки и теплофикационной воды для нужд предприятия;
- использование коксового газа в качестве топлива для нагрева технологических жидкостей: поглотительного масла в отделении дистилляции бензола, избыточной аммиачной воды в аммиачно-сульфатном отделении, поглотительного раствора цеха сероочистки;
- рекуперация тепла в круговых процессах нагрева-охлаждения сред технологических жидкостей;
- использование тепла надсмольной воды вместо пара для нагрева днищ механизированных осветлителей;
- использование оборотной надсмольной воды для системы инъекции газа в газосборниках при загрузке печей.

Дополнительное тепло в виде пара технологических параметров получается в цехах сероочистки при сжигании сероводорода в котлах-утилизаторах, при термическом разложении аммиака, в результате получения перегретого пара в трубчатых печах огневого нагрева перерабатываемых сред и продуктов.

Мировое признание и широкое распространение получила технология сухого тушения кокса, разработанная и впервые осуществленная в промышленных масштабах ГП «ГИПРОКОКС», которая позволяет утилизировать около 80 % тепла, уносимого коксом из камер коксования. В свое время лицензии на технологию ГП «ГИПРОКОКС» по сухому тушению кокса приобрели Япония, Германия, Польша, Италия и другие страны.

При работе установок тушения кокса (УСТК) из 1 т потушенного кокса получают в среднем до 0,45 т пара энергетических параметров ($P = 3,9$ МПа, $T = 440$ °С) [5, 6]. Такой пар может использоваться для получения электроэнергии или для технологических нужд.

Процесс сухого тушения в камерах УСТК (рис.2) позволяет повысить качество кокса: улучшается гранулометрический состав кокса, повышается его механическая прочность, улуч-



Рис.2. Установка сухого тушения кокса.

шаются показатели реакционной способности и послереакционной прочности [7].

Технология сухого тушения кокса в сравнении с традиционным мокрым тушением рассматривается как один из важных факторов повышения экологической безопасности коксового производства.

Установки тушения кокса с успехом эксплуатируются на предприятиях Украины и России (более 20), 16 многокамерных УСТК работают в Японии, Китае, Индии, Финляндии, Турции, Венгрии и других странах. Всего по проектам ГП «ГИПРОКОКС» построено около 150 блоков сухого тушения кокса.

Данная технология эффективно используется в Украине на ПАО «Авдеевский КХЗ». В 2006 г. сухое тушение кокса в сочетании с технологией коксования трамбованной шихты успешно внедрено на ПАО «Алчевсккокс» [8]. Сочетание двух таких технологий было применено впервые в мировой практике при строительстве по проекту ГП «ГИПРОКОКС» комплекса коксовой батареи № 10-бис.

Внедрение на ПАО «Алчевсккокс» технологии трамбования угольной шихты и сухого тушения кокса является примером комплексного подхода к решению вопроса энергосбережения.

Эта технология позволила:

- на новом техническом уровне решить проблему эффективного использования вторичных энергетических ресурсов процесса коксования за счет исключения потерь тепла, имеющих место при традиционной технологии, и получе-

ния за счет этого дополнительных ресурсов пара в количестве 223 тыс. Гкал/год;

– улучшить качество доменного кокса, что позволило на 4,2 % сократить удельный расход кокса при выплавке чугуна;

– уменьшить потребление природного газа в доменном процессе на 111 млн м³/год;

– сэкономить высококачественный коксующийся уголь в количестве 560 тыс. т/год за счет увеличения использования отечественных газовых и слабоспекающихся углей.

За внедрение этой технологии группа авторов, в том числе сотрудники ГП «ГИПРОКОКС», в 2009 г. была удостоена Государственной премии Украины в области науки и техники.

Широко применяется сухое тушение кокса в металлургическом комплексе Российской Федерации, где более 40 % производимого кокса тушится сухим способом.

В настоящее время на базе технологии и инжиниринга ГП «ГИПРОКОКС» осуществляется реализация крупномасштабной программы строительства установок сухого тушения кокса на предприятиях сталелитейной индустрии Индии (Bhilai Steel Plant, Rourkela Steel Plant, IISCO Steel Plant, NMDC LIMITED).

Эффективная деятельность на рынке инжиниринговых услуг ГП «ГИПРОКОКС» в Индии отмечена в протоколах и решениях всех заседаний Межгосударственной украинско-индийской комиссии по торговому и экспортному сотрудничеству. Индийская сторона оценивает это сотрудничество как значительный вклад в развитие индийской металлургии. Ассоциация производителей стали в Индии (SAIL) включила ГП «ГИПРОКОКС» в перечень основных партнеров.

ГП «ГИПРОКОКС» имеет в своем арсенале современные технологии и конструктивные решения, соответствующие требованиям «Наилучших имеющихся технологий», обеспечивающих повышение энергоэффективности непосредственно в коксохимическом производстве и снижение расхода энергетических ресурсов на других металлургических переделах за счет повышения качества кокса и утилизации тепла.

С целью повышения энергоэффективности производства для украинских коксохимических предприятий ГП «ГИПРОКОКС» за последние годы выполнил такие перспективные разработки:

– для ПАО «Запорожжкокс» – реконструкция комплекса коксовой батареи № 1-бис с УСТК. Для осуществления данного инвестиционного проекта ГП «ГИПРОКОКС» разработал проектную и рабочую документацию. Введение

в эксплуатацию в комплексе коксовой батареи № 1-бис установки сухого тушения кокса позволит дополнительно производить пар энергетических параметров в количестве 46 т/ч. Это эквивалентно экономии 383 тыс. т у.т./год, которое потребовалось бы сжечь на ТЭС;

– для ПРАО «Харьковский коксовый завод» – строительство ТЭС для утилизации избытков коксового газа. Для ее строительства ГП «ГИПРОКОКС» разработал проектную документацию на стадии ТЭО. Введение в эксплуатацию ТЭС позволит обеспечить потребности завода в энергоносителях (пар – 478 тыс. Гкал/год, электрическая энергия – 72 тыс. МВт/год) за счет рационального использования излишков коксового газа, что эквивалентно экономии 114 тыс. т у.т./год.

К сожалению, ввиду сложной экономической ситуации до настоящего времени эти перспективные разработки не реализованы.

Резкое ухудшение инвестиционного климата в Украине определило активизацию усилий ГП «ГИПРОКОКС», направленных на расширение сферы деятельности и поиск новых альтернативных путей дальнейшего развития. Разрабатывая энергосберегающие решения в рамках традиционных технологий, ГП «ГИПРОКОКС» приступил к активному продвижению принципиально новых технологических процессов в области производства газообразного топлива и восстановителей из энергетических углей, производства синтетических жидких топлив [9, 10].

Термохимическая переработка низкосортного каменного угля, бурого угля и другого низкосортного углеродсодержащего сырья в моторные топлива и другие технологические продукты – одно из важнейших приоритетных направлений развития промышленности в части энергетической безопасности Украины, одно из стратегических направлений деятельности ГП «ГИПРОКОКС» на ближайшие годы [11].

Учитывая критическое состояние углеводородного сектора национальной энергетики, а также с целью обеспечения потребностей внутреннего рынка страны моторными топливами отечественного производства ГП «ГИПРОКОКС» (как генеральным проектировщиком) совместно с Институтом газа НАН Украины и другими научно-исследовательскими институтами, фирмами-поставщиками технологий и оборудования планируется поэтапное выполнение инвестиционного проекта «Высокотехнологичный комплекс производства синтетического моторного топлива из угля».

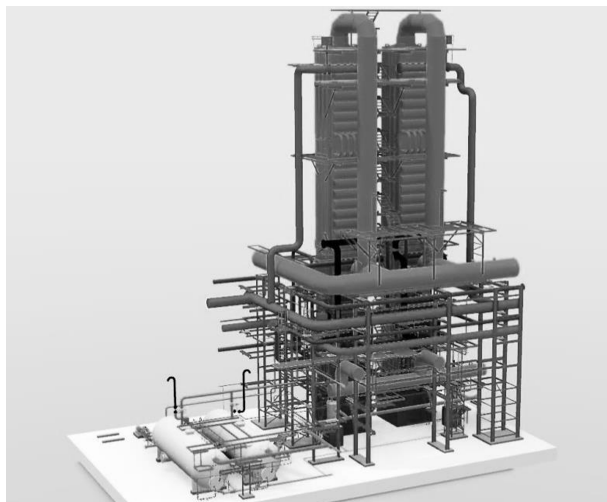


Рис.3. 3D-моделирование коксохимических объектов.

В качестве первого шага к осуществлению инвестиционного проекта выполняется подготовительный этап к разработке технико-экономического обоснования создания нескольких промышленных комплексов по производству синтетического моторного топлива в Харьковской, Львовской и Волынской областях. Планируется переработка около 5,3 млн т/год каменного и 3 млн т/год бурого угля с использованием современных энергоэффективных технологий, что позволит получить свыше 2,2 млн т/год синтетического жидкого топлива (бензина и дизельного топлива) европейского качества.

Для комплексной разработки научно-технической документации классических и новых направлений деятельности у ГП «ГИПРОКОКС» имеются все необходимые ресурсы.

Материально-техническая база предприятия постоянно обновляется. Все рабочие места проектировщиков оснащены современными компьютерами, лицензионным программным обеспечением. Освоение и использование новых современных методов проектирования («Building Information Modeling» (BIM)) позволяет специалистам ГП «ГИПРОКОКС» создавать информационные 3D-модели объектов (рис.3), осуществлять информационно-электронный обмен данными на каждом этапе их разработки и строительства.

Для этого применяется программное обеспечение ведущих мировых фирм «Autodesk», «Bentley», «EPLAN» и др.

Оптимизации затрат на производство научно-технической документации способствует созданная в ГП «ГИПРОКОКС» локальная сетевая инфраструктура с доступом к сети Интернет, соответствующая передовым технологическим требованиям.

Система менеджмента качества ГП «ГИПРОКОКС» одобрена и подтверждена сертификатами соответствия национального органа по сертификации «УкрСЕПРО» и международного общества Lloyd's Register Quality Assurance Ltd. (Великобритания).

В 2016 г. в результате планового ресертификационного аудита асессора компании «Lloyd's Register Quality» система менеджмента качества ГП «ГИПРОКОКС» признана соответствующей требованиям международного стандарта ISO 9001:2015.

Система менеджмента качества ГП «ГИПРОКОКС» одна из первых в Восточной Европе подтверждена сертификатами соответствия новой версии стандарта ISO 9001:2015, что позволяет успешно конкурировать с инжиниринговыми компаниями мирового уровня не только в Украине, но и за рубежом.

Эффективный корпоративный менеджмент, высокая квалификация специалистов, внедрение современных методов проектирования и разработки технологий и конструкций позволяют качественно и в срок разрабатывать научно-техническую документацию любой сложности.

ГП «ГИПРОКОКС» сегодня — это конкурентоспособная компания, которая является активным участником мирового рынка инжиниринговых услуг в области коксохимического производства. Маркетинговая стратегия ГП «ГИПРОКОКС» строится на принципе сохранения оптимального соответствия характеристик проектируемых объектов региональным и ресурсным возможностям.

ГП «ГИПРОКОКС» — эксклюзивный владелец широкого спектра объектов интеллектуальной собственности: технологий, соответствующих мировому уровню научно-технических разработок, конструкций, «ноу-хау», которые защищены многими патентами Украины и зарубежных стран.

Благодаря комплексному применению прогрессивных технологий, оборудования, огнеупорных материалов при строительстве коксохимических объектов и качеству разрабатываемой научно-технической документации ГП «ГИПРОКОКС» за последние пять лет стал победителем международных тендеров на строительство коксовых батарей в Индии, Италии, России, Польше, Бразилии и других странах.

Проекты ГП «ГИПРОКОКС» обеспечивают высокую эксплуатационную надежность, экологическую безопасность и энергосбережение, то есть те требования, без которых невозможно успешно конкурировать на международном рынке инжиниринговых услуг.

Список литературы

1. Закон України від 01.07.1994 № 74/94-ВР «Про енергозбереження». — <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>
2. Отраслевая программа энергоэффективности и энергосбережения на период до 2017 г.: Приказ Минпромполитики Украины от 25.02.2009 № 152. — http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN45377.html
3. Справочник коксохимика / Под общ. ред. В.И.Рудьки, Л.Н.Борисова. — Харьков : ФЛП Либуркина Л.М., 2016. — Т. 4, гл. 16: Энергосбережение в коксохимическом производстве. — 480 с.
4. Зингерман Ю.Е., Павловский В.Г., Рудька В.И., Шевелев А.А. Энергетика кокса. Энергетические возможности коксохимического предприятия. — Харьков : ИНЖЭК, 2011. — 250 с.
5. Справочник коксохимика / Под общ. ред. В.И.Рудьки, Ю.Е.Зингермана. — Харьков : ИНЖЭК, 2014. — Т. 2, гл. 9: Сухое тушение кокса. — 728 с.
6. Рудька В.И., Зингерман Ю.Е., Каменюка В.Б. Установки сухого тушения кокса в проектах ГП «ГИПРОКОКС» // Кокс и химия. — 2004. — № 7. — С. 27–29.
7. Старовойт А.Г., Гончаров В.Ф., Плешков П.И. и др. Исследование процесса сухого тушения кокса // Кокс и химия. — 1985. — № 8. — С. 14–18.
8. Гураль В.В., Кривонос В.В., Рудька В.И., Тарута А.А. Производство металлургического кокса на базе комбинирования трамбування шихты и сухого тушения кокса — эффективная экологически чистая и энергосберегающая технология // Кокс и химия. — 2008. — № 8. — С. 23–31.
9. Зубилин И.Г., Рудька В.И. Получение синтез-газов для производства экологически чистых моторных топлив : Теория и технология : Учеб. пособие. — Харьков : Издат. центр Харьк. нац. ун-та, 2002. — 315 с.
10. Зубилин И.Г., Рудька В.И., Пинчук С.И. Получение из углей энергоснабжителей для базовых отраслей промышленности : Теория, технология, методология. — Харьков : Издат. центр Харьк. нац. ун-та, 2004. — 351 с.
11. Рудька В.И. Энергосбережение в базовых отраслях промышленности : Теория, технология. — Харьков : ИНЖЭК, 2007. — 304 с.

Поступила в редакцию 22.03.16

Рудька В.І., канд. економ. наук
**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
 ПО ПРОЕКТУВАННЮ ПІДПРИЄМСТВ КОКСОХІМІЧНОЇ
 ПРОМИСЛОВОСТІ»**, Харків

вул. Сумська, 60, 61002 Харків, Україна, e-mail: giprokoks@ic.kharkov.ua

Енерго- та ресурсозберігаючі технології у проектах ДП «ГПРОКОКС»

Представлено досвід роботи ДП «ГПРОКОКС» щодо впровадження енергозберігаючих технологій та підвищення енергоефективності при розробці науково-технічної документації для будівництва нових та реконструкції діючих коксохімічних підприємств. Використано системний підхід до енергозбереження. Описано основні напрямки з енергозбереження в коксохімічному виробництві: енергозберігаючі заходи при випуску основної продукції — коксу та хімічних продуктів коксування; впровадження технології трамбування вугільної шихти спільно з сухим гасінням коксу. Розглянуто актуальне питання термохімічної переробки низькосортного кам'яного вугілля, бурого вугілля та іншої низькосортної вуглевмісної сировини на моторні палива та інші технологічні продукти. *Бібл. 11, рис. 3.*

Ключові слова: коксохімічне виробництво, енергозбереження, вторинні енергоресурси, кокс, коксові батареї, термохімічна переробка вуглевмісної сировини.

Rudyka V.I., Candidate of Economic Sciences
**STATE ENTERPRISE «STATE INSTITUTE FOR DESIGNING
 ENTERPRISES OF COKE OVEN AND BY-PRODUCT PLANTS»**, Kharkov
 60, Sumska Str., 61002 Kharkov, Ukraine, e-mail: giprokoks@ic.kharkov.ua

Energy and Resource Saving Technologies in GIPROKOKS Projects

SE «GIPROKOKS» work experience related to energy-saving technologies and energy efficiency in the development of scientific and technical documentation for the projects of existing and reconstructed coke oven and by-product enterprises is presented. Systematic approach to energy efficiency is applied. The main directions of energy-saving at coke oven and by-product plants are described: energy-saving measures in the main product production – coke and by-products from coking process; introduction of coal blend stamping technology, together with the dry cooling of coke. Challenging issue of thermochemical treatment of low-grade coal, brown coal and other carbonaceous feed into motor fuels and other technology products is reviewed. *Bibl. 11, Fig. 3.*

Key words: coke oven and by-product plants, energy-saving, waste energy, coke, coke oven batteries, thermochemical treatment of carbonaceous feed.

References

1. Energy saving: Law of 01.07.1994 number 74/94-VR. – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>.
2. Sectoral energy efficiency and energy saving program for the period up to 2017 : Order of Ministry of Industrial Policy of Ukraine from 25.02.2009 number 152. – http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/linkl/FIN45377.html.
3. Handbook of Coke Chemical Engineer / Eds. V.I.Rudyka, L.N.Borisova, Kharkov : FLP Liburkina L.M., 2016, Vol. 4, Ch. 16: Energy saving in the production of coke, 480 p. (Rus.)
4. Ju.E.Zingerman, V.G.Pavlovskij, V.I.Rudyka, A.A.Shevelev, Energy coke. Energy possibility coke enterprise, Kharkov: Publishing House «INZHEK», 2011, 250 p. (Rus.)
5. Handbook of Coke Chemical Engineer / Eds. V.I.Rudyka, Ju.E.Zingerman, Kharkov : Publishing House «INZHEK», 2014, Vol. 2, Ch. 9: Dry quenching of coke, 728 p. (Rus.)
6. Rudyka V.I., Zingerman Ju.E., Kamenjuka V.B. Plants dry coke projects Giprokoks, *Koks i himija*, 2004, (7), pp. 27–29. (Rus.)
7. Starovojt A.G., Goncharov V.F., Pleshkov P.I. [Investigation of dry coke quenching], *Koks i himija*, 1985, (8), pp. 14–18. (Rus.)
8. Gural' V.V., Krivonos V.V., Rudyka V.I., Taruta A.A. [Production of metallurgical coke on the basis of the combination of the charge and tamping coke dry quenching – effective environmentally friendly and energy-saving technology], *Koks i himija*, 2008, (8), pp. 23–31. (Rus.)
9. Zubilin I.G., Rudyka V.I. [Production of synthesis gas for the production of environmentally friendly motor fuels : Theory and Technology], Kharkov : Publ. Center Kharkovskij Nationalnij Universitet, 2002, 315 p. (Rus.)
10. Zubilin I.G., Rudyka V.I., Pinchuk S.I. [Production of coal energovosstanoviteley for basic industries : Theory, Technology, Methodology], Kharkov : Publ. Center Kharkovskij Nationalnij Universitet, 2004, 351 p. (Rus.)
11. Rudyka V.I. Energy saving in the basic industries: theory, technology], Kharkov : Publishing House «INZHEK», 2007, 304 p.(Rus.)

Received March 28, 2016