

УДК 662.62: 662.732: 665.7.032.54

Энерготехнологическое использование угля как стратегическая перспектива для освоения Канско-Ачинского бассейна

Исламов С.Р.

ЭТК «Термококс», 660060, г. Красноярск, ул. Лебедевой, 66

АННОТАЦИЯ

В статье оценивается состояние сегментов рынка, потребляющих угольное топливо. В целом оно характеризуется дефицитом высококалорийных углей специального назначения и избытком предложения низкокачественных углей.

Классический способ сжигания угля в значительной мере исчерпал свой потенциал и не в состоянии удовлетворять все возрастающим требованиям энергоэффективности и экологической безопасности. Для разрешения сложившейся коллизии автор предлагает использовать технологию внутрикотловой частичной газификации угля с параллельным производством тепловой энергии и буроугольного кокса. Кратко описаны сферы применения нового продукта с преобладающей ориентацией на замену классического кокса в металлургии.

Ключевые слова:

Бурый уголь, энерготехнология, частичная газификация угля, буроугольный кокс

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Общэкономические предпосылки. Мировая экономика вступила в крайне сложный период, обусловленный исчерпанием потенциала индустриального технологического уклада. Переходный процесс к новому постиндустриальному укладу сопровождается чередой сменяющих друг друга экономических кризисов. Впереди нас ожидают десятилетия неустойчивых колебаний в виде краткосрочных периодов относительного улучшения мировой конъюнктуры и следующих за ними спадов. В этих условиях базовые отрасли промышленности остро нуждаются в технологиях, обеспечивающих радикальное улучшение экологических и экономических показателей.

Качество углей Канско-Ачинского бассейна. Объем промышленных запасов Канско-Ачинского бассейна, доступных для добычи самым дешевым в мире (себестоимость 3-5 долл./т) и безопасным способом (открытая добыча), оценивается на уровне, как минимум, 100 млрд. т. Бурые угли Канско-Ачинского бассейна (КАБ) имеют высокое содержание влаги, а также летучих веществ с большой концентрацией связанного кислорода. В совокупности эти показатели обеспечивают сравнительно низкую теплоту сгорания и ограниченную транспортабельность по сравнению с каменным углем. Положительными свойствами являются низкая зольность и незначительное содержание серы. В ряде месторождений минеральная часть угля имеет повышенное содержание окиси кальция, что вызывает необходимость использования котлов специальной конструкции для предотвращения шлакования поверхностей нагрева котлов.

Внутренний рынок бурого угля. В настоящее время значительный потенциал по добыче бурого угля невозможно использовать из-за ограниченного сбыта. Высокие тарифы не допускают транспортировку на длинные расстояния (одну треть загрузки вагона составляет влага). Очень скромные результаты перестройки регионального сектора ЖКХ не в состоянии обеспечить заметного прироста потребления угля, поскольку здесь в основном идет модернизация физически изно-

шенных котельных. Практически отсутствует прирост мощностей в угольной теплоэнергетике.

Аналогичная ситуация сложилась и в целом по стране. Нет прироста потребления угля в секторе технологического топлива (РСІ, обжиг цементного клинкера, руд, нерудных материалов и т.п.) и в коксовом производстве.

Состояние и перспективы развития угольной теплоэнергетики. Технологический принцип, на котором работает современный котельный агрегат, остается неизменным со времен промышленной революции 18-го века. Уголь традиционно считается самым грязным видом топлива. Основные конструкторские решения, используемые в котельной технике, разработаны еще в первой половине прошлого века (за исключением, может быть, только техники кипящего слоя), когда экологическая безопасность процессов сжигания вообще не обсуждалась. Поэтому до сегодняшнего дня все природоохранные усовершенствования сводятся главным образом к увеличению степени очистки дымовых выбросов и к малоэффективным попыткам утилизации золошлаковых отходов. Однако при этом не затрагивается классическая схема сжигания, которая собственно и является причиной, порождающей забалластированные вредными веществами дымовые выбросы и золошлаковые отвалы.

Классическая угольная энергетика по большому счету достигла предела своего развития: она, по сути, уже исчерпала свой термодинамический и соответственно экономический потенциал. В основном стоимость единицы производимой энергии определяется тремя факторами: удельными капитальными затратами, термическим КПД и стоимостью топлива. Можно утверждать, что для улучшения первых двух показателей нет объективных оснований, а восходящий ценовой тренд на энергетические угли обрекает потребителей на непрерывное повышение тарифов.

Состояние и перспективы развития черной металлургии. Аналогичная ситуация сложилась и в классической черной металлургии, исторически основанной на использовании *кускового* кокса, производимого на основе технологического принципа двухвековой (!) давности из дефицитных коксующихся углей. В течение последнего десятилетия сформировалась устойчивая рыночная конъюнктура, когда уровень цен за 1 т.у.т. в металлургии в несколько раз выше, чем в энергетике. А постепенное сокращение доступных запасов коксующихся углей поддерживает тенденцию их необратимого удорожания и соответственно способствует повышению себестоимости производства стали. Бесконечный рост цен на сталь ведет цивилизацию в экономический тупик. Классические технологии с неизбежностью будут заменяться технологиями прямого восстановления железной руды. Однако при этом неизменной остается сырьевая база – все дорожающие железная руда и кокс. Доля последнего в себестоимости стали сегодня достигает 25%. Наибольшие шансы для потери конкурентоспособности на мировом рынке имеет российская металлургия, которая в основной своей части отстает, как минимум, на два технологических уклада при значительной изношенности основных фондов. Эта проблема имеет стратегическое значение для России и ее решение может быть обеспечено главным образом путем замены кокса на более дешевые восстановители.

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОГО УГЛЯ

По нашему мнению, качественные изменения эффективности использования угля, а также технико-экономических и экологических показателей в угольной

теплоэнергетике, могут быть достигнуты за счет развития комбинированных технологий использования угля

Исходя из перечисленных выше предпосылок, была предложена новая концепция использования углей с высоким содержанием летучих веществ (марки Б, Д, ДГ) и, в первую очередь, углей Канско-Ачинского бассейна, основанная на **технологическом комбинировании** нескольких процессов в рамках единого производственного комплекса. Высокая эффективность когенерации достаточно давно известна в теплоэнергетике. В данном случае предлагается использовать внутрикотловую **частичную** газификацию угля для производства тепловой энергии и среднетемпературного буроугольного кокса (он имеет повышенные потребительские свойства по сравнению с более известным полукоксом – продуктом низкотемпературного коксования) [1]. Именно бурые угли являются оптимальным сырьем для комбинированного производства **тепловой энергии и среднетемпературного кокса (термококса)**.

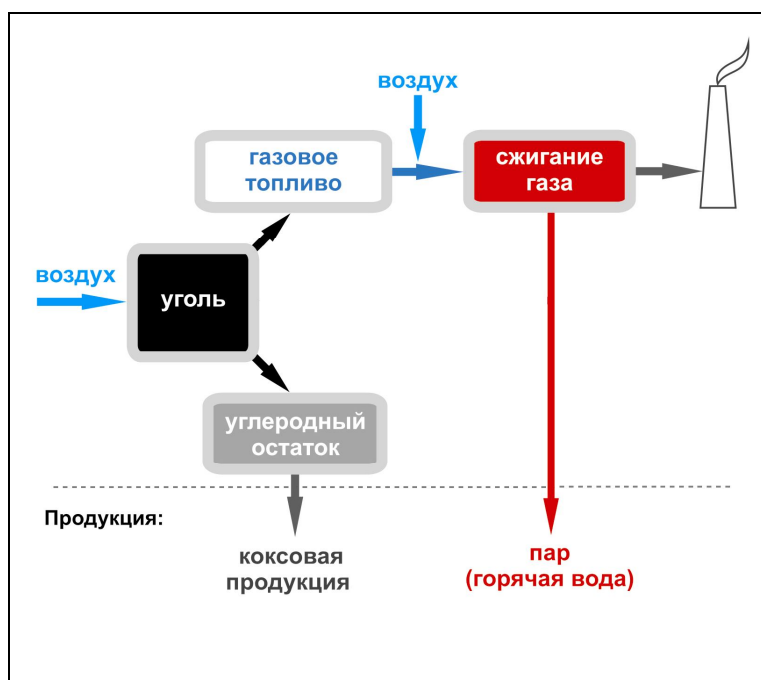


Рис. 1. Энерготехнологическая концепция **ТЕРМОКОКС®**

С точки зрения, как экономической, так и экологической эффективности использования бурого угля, для производства тепловой энергии целесообразно сжигать только его газовую компоненту, а коксовый остаток использовать как специальное технологическое топливо и углеродный восстановитель для металлургии (Рис. 1).

Частичная газификация угля может осуществляться в **типовых энергетических котлах**, подвергнутых специальной модификации путем встраивания в существующие габариты котла подтопка-реактора с кипящим слоем (Рис. 2). При этом модифицированный котел сохраняет паспортную тепловую мощность. Дробленый уголь, поступающий в ожижаемый воздухом кипящий слой с температурой 750-800°C, проходит стадии сушки, пиролиза, частичной газификации и далее охлаждается в кожухотрубчатом коксоохладителе.

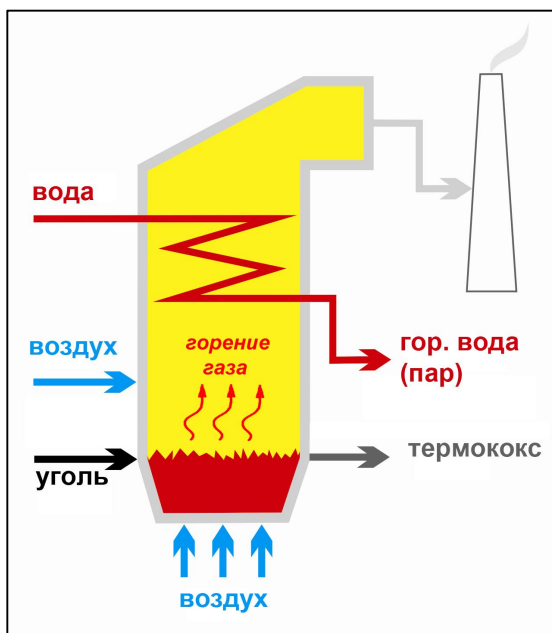


Рис. 2. Принципиальная схема котла серии **ТЕРМОКОКС®**

В надслоевом пространстве горячие газовые продукты дожигаются за счет вторичного воздуха, обеспечивая высокую теплонапряженность топочного объема. Таким образом, в котле сжигается преимущественно газовая компонента угля, а вместо золошлаковых отходов производится второй ценный продукт – бурый угольный кокс.

Экономические показатели. При параллельном производстве кокса и тепловой энергии удельные капитальные затраты в расчете на 1 МДж суммарно производимой продукции радикально меньше, а экономическая эффективность производства в несколько раз выше, чем в проектах классической теплоэнергетики. Соответственно – в несколько раз сокращается срок окупаемости инвестиций. Так, например, при переработке примерно 4 тонн бурого угля ($Q_i^f \approx 3700$ ккал/кг) производится 1 тонна кокса ($Q_i^f \approx 7000$ ккал/кг) и около 6 Гкал полезной тепловой энергии. Продажа термококса по рыночной цене, как минимум, компенсирует затраты на уголь, так что тепловая энергия производится из топлива с условно нулевой ценой. Как следствие, срок окупаемости инвестиций в модификацию действующей котельной составляет 1,5-2 года.

Экологические показатели. Поскольку в котле сжигается газовое топливо с незначительной примесью угольной пыли (унос из кипящего слоя), достигается кратное снижение контролируемых выбросов в атмосферу (пыль, оксид углерода, оксиды азота и др.) по сравнению с традиционными угольными котлами. Технология не имеет золошлаковых отходов, поскольку содержащаяся в угле зола переходит в коксовый продукт. Соответственно исключается необходимость создания золошлаковых отвалов. Таким образом, экологические показатели котельного агрегата на угольном топливе приближаются к соответствующим показателям котла на газовом топливе.

При частичной газификации не производятся отходы в виде смолы и фенольных сточных вод, которые являются традиционными спутниками любых процессов термической переработки угля. Поскольку продукты сгорания относятся на производство тепловой энергии, второй продукт – термококс, производится *с нулевыми выбросами* в окружающую среду. Сравним этот показатель с выбросами традиционного коксохимического комбината!

Социально-экономические показатели. Комбинированное производство двух продуктов (тепловая энергия и термококс) на базе модифицированных типо-

вых котлов приводит к радикальному изменению интегральных экономических показателей. Продажа термококса по текущим рыночным ценам (в брикетированном виде – от 6000 руб/т) компенсирует практически все эксплуатационные затраты. Данный фактор обеспечивает беспрецедентное условие для формирования предельно низкого тарифа на отпускаемое тепло, которого не может обеспечить ни одна из известных технологий сжигания природного топлива.

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ТЕРМОКОКС»

По части конструкторских решений технология «ТЕРМОКОКС» в значительной мере базируется на опыте эксплуатации котлов с кипящим слоем. И этот фактор обеспечивает надежность работы котлов в энерготехнологическом исполнении. В рамках пилотного проекта в 2007 г. была выполнена модификация котла КВТС-20 в г. Шарыпово, Красноярский край (заказчик ОАО «СУЭК»). Успешно работающий до настоящего времени энерготехнологический котел обеспечивает паспортную производительность по горячей воде и параллельно производит около 20 тыс. т/год термококса. Далее мелкозернистый кокс брикетируется до фракции орех. Продукция с 2012 г. поставляется на ферросплавные заводы для целей опытно-промышленного тестирования в качестве заменителя классического кокса. По завершении цикла тестирования ОАО «СУЭК» планирует приступить к строительству промышленного энерготехнологического комбината.

Естественно, что термококс может производиться и на угольной электростанции как третий продукт (тригенерация). В настоящее время эта схема реализуется на ТЭЦ-2 г. Улан-Батора путем модификации энергетических котлов БКЗ-75. Целью проекта является производство 210 тыс. т/год брикетированного бездымного бытового топлива на основе буроугольного кокса.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОУГОЛЬНОГО КОКСА

Очевидно, что масштабы использования новой технологии будут в значительной мере зависеть от востребованности термококса на рынке, которая, в свою очередь, определяется основными потребительскими свойствами этого продукта:

$W_t = \text{до } 5\%$	$S^{dry} < 0,2\%$	$Q_i^r = 6700-7000 \text{ ккал/кг}$
$A^{dry} = 8-10\%$	$C^{daf} = \text{до } 94\%$	Реакционность по $\text{CO}_2 = 8,0 \text{ см}^3/\text{г}\cdot\text{с}$
$V^{daf} = 7-9\%$	$\rho_{насып.} = 550 \text{ кг/м}^3$	HGI = 68,5.

На данном этапе развития технологии можно выделить два главных направления использования буроугольного кокса: как технологического специализированного топлива и заменителя кокса в металлургии.

Черная металлургия. Используемые в настоящее время металлургические печи шахтного исполнения предъявляют высокие требования к горячей прочности кускового кокса, которая может быть обеспечена только методом классического коксования углей коксующихся марок. В отличие от энергетического угля кокс в металлургии, кроме источника энергии, является еще и восстановительным агентом. С общих позиций физхимии гетерогенных процессов для восстановления руды оптимальным реагентом является высокореакционный мелкодис-

персний углерод. Именно таким продуктом является среднетемпературный кокс из бурого угля, реакционность у которого на порядок выше, чем у классического кокса. Объективный процесс перехода к более эффективным и дешевым восстановителям крайне затянулся во времени (доменное и коксовое производство почти в современном виде было создано более 100 лет назад и далее совершенствовалось без принципиальных изменений технологии). Отказ от классического кокса неизбежен, поскольку повышение себестоимости производства стали обусловлено объективным удорожанием сырья – железнорудного концентрата и кускового кокса. Очевидно, что для железной руды нет альтернативы. По оценкам экспертов уже к 2030 году будет достигнут пик мировой добычи руды с последующим обострением ее дефицита. Поэтому замена кокса более эффективными и дешевыми восстановителями – единственный способ снижения себестоимости производства стали. Для сравнения: себестоимость термококса, изготовленного из дешевого бурого угля, на порядок ниже себестоимости кускового кокса, а его реакционность, как уже отмечалось, – на порядок выше.

Таким образом, термококс является перспективным восстановителем для металлургии нового поколения, например:

- Прямое вдувание пылевидного кокса в расплав руды через погружные фурмы по технологии корпорации OUTOTEC (Финляндия);
- Производство гранулированного чугуна по технологии прямого восстановления железа ITmk3 корпорации KOBEL Steel (Япония). В частности, по результатам успешного тестирования термококса эта фирма дала положительное заключение о его использовании в своей технологии.

Однако сфера применения термококса не ограничивается только металлургией нового поколения. В брикетированном виде, благодаря высокому электросопротивлению и повышенной реакционности, он является эффективным заменителем классического кокса в электрометаллургии. В 2012 году проведена серия успешных опытно-промышленных тестов нового продукта на металлургических предприятиях Урала и Кузбасса.

В традиционной металлургии высокореакционный термококс с теплотой сгорания до 7000 ккал/кг – идеальное топливо для вдувания в горн доменной печи (технология PCI) [2].

Технологическое топливо. На сегодняшний день на рынке технологического топлива существует значительный дефицит углей высокого качества с пониженным содержанием летучих веществ (марки Т и СС). В первую очередь, это экспортный товар. Кроме того, они используются для обжига руд и нерудных материалов, цементного клинкера, для спекания глинозема и т.п. В то же время, крупные угледобывающие компании имеют избыточные мощности по добыче бурого угля, а поставщики длиннопламенных углей ежегодно производят миллионы тонн невостребованных отсевов. За рубежом такого рода проблемы уже давно разрешаются путем приготовления *смесового* угольного топлива, однако для этой цели требуется высококалорийный компонент, роль которого с успехом может выполнять термококс [3]. При смешении с влажным углем сухой термококс за счет высокой адсорбционной активности обеспечивает усреднение влажности по смеси. Так, например, близкие к оптимуму (для цементной промышленности) показатели достигаются при смешении примерно 40% бурого угля Березовского месторождения и 60% полученного из него термококса: $W^t = 13-15\%$; $A^{dry} = 8-10\%$; $V^{daf} = 17-20\%$; $Q_i^r = 5700-5800$ ккал/кг. Аналогичным образом могут использоваться и отсеvy углей марки Д, ДГ. После стадии дозирования и смешения

ния компонентов окончательная гомогенизация смеси осуществляется в процессе пылеприготовления топлива перед подачей в горелку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология «ТЕРМОКОКС», предназначенная для комбинированного использования углей Канско-Ачинского бассейна переводит это месторождение в категорию стратегического ресурса России, сопоставимого по значимости с крупнейшими газовыми и нефтяными провинциями страны. Кратное увеличение энергоэффективности и по существу предельный для угля уровень экологической безопасности обеспечивают технологическую платформу для создания теплоэнергетики и металлургии нового поколения.

Список литературы

1. **Логинов Д.А.** Развитие технологии комбинированного использования угля в котлах с кипящим слоем // Промышленная энергетика. 2011. № 4. С. 12 –14.
2. **Использование** буроугольного кокса в качестве пылеугольного топлива в доменной плавке / С.Р. Исламов, С.Л. Ярошевский, А.В. Кузин, З.К. Афанасьева. Донецк: УНИТЕХ, 2008.
3. **Исламов С.Р.** Переработка низкосортных углей в высококалорийное топливо // Уголь. 2012. № 3. С. 76–78.