

## СООБЩЕНИЕ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА ПО МАТЕРИАЛАМ «EUROCOKE SUMMIT 2017»

© Главный редактор УглеХимического журнала, д.т.н., проф. Е.Т.Ковалев

*В сообщении приводится краткий обзор докладов, представленных на 13-й ежегодной международной конференции «Eurocoke Summit 2017». Он анализирует текущую ситуацию на международных рынках коксующегося угля, металлургического кокса и черных металлов. Даны примеры направленности наиболее интересных научных разработок.*

Ключевые слова: конференция «Eurocoke Summit 2017», международный рынок, сталь, уголь, кокс, тенденции, исследования.

\*\*\*\*\*

Ежегодно британско-американская кампания «Smither Apex» организует и проводит международную конференцию, посвященную состоянию и перспективам производства каменноугольного металлургического кокса. Несмотря на название «Еврокок», в работе конференции традиционно участвуют известные фирмы (в т.ч. транснациональные) и научные центры не только из Европы, но и из Америки, Азии, Австралии. Так, в апреле 2017 г. на 13-й конференции в Дюссельдорфе присутствовали среди прочих участники представители фирм ArselorMittal, ThyssenKrupp, EUROFER (European Steel Association), TATA Steel, Siemens, Heattec, U.S. STEEL, Nippon Steel Corporation и многие другие, в том числе украинские ГП «УХИН» и ГП «ГИПРОКОКС».

Доклады многих участников конференции были посвящены анализу факторов, влияющих на состояние и развитие производства кокса.

Одним из наиболее значимых аспектов в этом плане является состояние и перспективы развития мирового рынка продукции черной металлургии.

Так, например, за прошедший год в ЕС потребление стали увеличилось более чем на 3 %, однако это увеличение было обеспечено ростом импорта подобной продукции (почти на 10 %) и снижением экспорта (на 11 %) при незначительном приросте собственного производства (менее чем на 2 %) [1]. Это является следствием высокой конкуренции со стороны в первую очередь азиатских производителей стали. Так, например, выплавка чугуна в Китае к концу 2016 г. выросла до 870 млн. т. при сокращении объема внутреннего потребления [2]. Это свидетельствует о перспективе дальнейшего увеличения экспортных возможностей как по металлопродукции, так и по коксу.

Однако следует учитывать, что прогнозы о снижении потребления продукции черной металлургии в Китае основаны, главным образом, на некотором спаде в строительной индустрии этой страны. В то же время известно, что как в настоящее время, так и на ближнесрочную перспективу КНР реализует масштабную программу модернизации в области тяжелого машиностроения, что не может не требовать значительного потребления стали. Так, тот же источник [2] полагает, что к 2035 г. потребление металлопродукции в Китае вырастет до 800 млн. т/год. Отмечено также, что значительное влияние на производство чугуна и кокса в Китайской Народной Республике будут оказывать накапливаемые ресурсы скрапа, а также увеличение эффективности доменного производства за счет вывода из эксплуатации низкопроизводительных печей малой емкости и замены их большегрузными печами.

Рост производства стали в Индии по оценкам того же источника носит постоянный характер. В настоящее время в этой стране планируется прирост данного показателя на уровне до 10 % в год. Так же, как и в Китае, в Индии идет переход на доменные печи емкостью до 4000 м<sup>3</sup> и более.

В целом, на ближнесрочную перспективу предполагается увеличение мировой потребности в продукции черной металлургии – до более 1500 млн. т в 2018 г. [3].

Не менее важным фактором, влияющим на развитие коксового производства, является обеспеченность качественным сырьем, то есть балансом производства и потребления в мире металлургического и энергетического угля.

По различным причинам – от реорганизации угледобывающей отрасли в Китае до роста добычи в регионах с преимущественно карьерной (наиболее дешевой) добычей – мировые цены на уголь падали вплоть до февраля текущего года. Процесс казался настолько необратимым, что появилось мнение об убыточности угледобычи [3].

Тем не менее, в настоящее время обстановка стабилизировалась – главным образом, вследствие проявившейся мировой тенденции к росту потребления стали и чугуна. Так, в начале 2017 г. из-за тропических циклонов, негативно повлиявших на добычу угля открытым способом и его морские перевозки, недопоставки Австралийского угля составили около 13 млн. т. В то же время прирост экспорта угля из США с конца 2016 г. составил 3,8 млн. т/мес. В 2017 г. предполагается рост экспорта угля из США более чем на 10 млн. т/год – главным образом, за счет поставок в азиатский регион [4].

Торговля коксующимся углем, в особенности, в условиях нестабильности цен и необходимости сотрудничества с большим количеством поставщиков, имеет существенные отличия от торговли энергетическими углями. Если для последних качественная характеристика товара, в конечном итоге, сводится к трем основным показателям – теплотворная способность, зольность и выход летучих веществ, – то коксующиеся угли характеризуются широким диапазоном качественных показателей. Это ограничивает возможность создания типового контракта, должным образом гарантирующего соблюдение интересов потребителя без ущемления интересов поставщика.

Одним из путей решения этой проблемы стала начатая в 2011 г. OTC-торговля (swap-сделки) коксующимся углем [5].

Аббревиатура OTC расшифровывается как Over The Counter, что в переводе с английского означает «внебиржевая сделка». В настоящее время OTC является одной из крупнейших биржевых площадок, главная отличительная особенность которой – торговля не через централизованную биржу, а через дилерскую сеть\*.

В 2016 г. было проведено около 800 спотовых\*\* операций по продаже 57 млн. т коксующихся углей Азиатско-Тихоокеанского региона, в большинстве которых использовались ценовые индексы Platt и The Steel Index. Помимо других преимуществ, подобные сделки предусматривают возможность перехода к плавающей цене в период, оговоренный сторонами. В то же время нельзя не признать, что до некоторой степени снимаемая проблема возможного колебания цены на период поставки (который при импорте, например, из Австралии либо США в Украину является

\* <https://utmagazine.ru/posts/4545-chto-takoe-otc.html>

\*\* Спот (от англ. *spot* – на месте) – условия расчётов, при которых оплата по сделке производится немедленно (как правило, в течение двух дней). Сделки «спот» называются также *наличными* или *кассовыми*. В технике расчётов противопоставляются срочным («форвардным», от англ. *forward*) сделкам, с проведением расчётов по истечении заранее оговоренного периода времени. Местом совершения сделок спот могут быть: межбанковский валютный рынок, фондовые и иные биржи, а также внебиржевые рынки (товарный, фондовый и валютный).

весьма протяженным), swap-сделки на базе индексных цен не снимают риск, связанный с несоответствием заявленного качества реальному.

Тем не менее, согласно источнику [5], swap-сделки по коксующимся углям, находящиеся в настоящее время в зачаточном состоянии, имеют большое будущее, т.к. цены на эти угли нестабильнее, чем на энергетические.

Месячные swap-контракты основываются, как правило, на среднеарифметических ежедневных ценовых индексах текущего месяца. В торговле коксующимся углем намечаются три основных способа:

– SGX-swap – через Сингапурскую биржу по индексам The Steel Index (лидер по количеству сделок по состоянию на первый квартал 2017 г.);

– SME-swap – через Чикагскую фьючерсную фирму по индексам Platt;

– сделки на базе глобальных угольных брендов типа Shawara, Gyniella, North и т.п. (здесь можно усмотреть аналогию с торговлей нефтью по индексам марок Brent и WTI).

Согласно данным [5] swap-сделки по коксующемуся углю дают целый ряд преимуществ. Однако упомянутая среди таковых возможность принимать коммерческие решения независимо от управленческих (а, следовательно, и от технологической необходимости) требует дополнительного анализа, является ли это именно преимуществом с точки зрения коксохимического производства.

Что касается состояния собственно производства кокса, то содержание представленных на конференцию докладов не выявило значимых изменений общих тенденций по сравнению с прошлым годом.

По-прежнему коксохимическая промышленность Европы является своего рода заложником передовых позиций, занимаемых ЕС в области экологической безопасности промышленных производств и жесткости природоохранного законодательства. Соблюдение его норм требует внедрения и постоянного обновления так называемых «Наилучших Существующих Технологий» (BAT-techniques), что сопряжено со значительными затратами. Положение осложняется высоким уровнем европейских цен на электроэнергию, которые еще более возрастают в результате затрат на экологическую безопасность. Все это делает проблематичным инвестирование в строительство новых батарей. В этом плане показателен опыт Японии, демонстрирующий экономическую целесообразность увеличения срока эксплуатации действующих коксовых батарей (от ≤30 до ≤40 лет).

Сохраняется влияние Китая на мировой рынок кокса. По данным [2] внутренняя потребность в коксе на ближайшие 3-4 года в этой стране будет поддерживаться на уровне 450-470 млн. т/год, при этом рабочая нагрузка коксовых производств за этот период сократится с 74 до 70 %.

Следует учитывать, что как КНР, так и Индия уделяют большое внимание повышению качества кокса и снижению

его себестоимости, внедряя эффективные технологии, позволяющие вовлекать в процесс коксования больший процент слабоспекающихся углей.

Так, в Индии более трети коксовых предприятий используют технологию трамбования угольной шихты. Помимо удешевления сырья без негативного влияния на показатели кокса, эта технология дает возможность существенно увеличить плотность загрузки, а следовательно – на 10-15 % повысить производительность коксовой батареи и заметно снизить производственные затраты. По данным [2] в 30-х годах по такой технологии будет производиться более 80 % индийского кокса.

Суммируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что ближайшая перспектива не обещает каких-либо серьезных изменений на рынках коксуемых углей, кокса и металлопродукции.

Весомый блок докладов был посвящен обзорам научно-исследовательских работ, выполненных за последнее время ведущими зарубежными фирмами. Так, например, интересный доклад о последних достижениях в области коксования каменного угля был представлен фирмой Centre de Pyrolyse de Marienau (Франция) [6].

Исследовательский центр пиролиза Марино был создан в 1947 году при участии французских угольных и сталелитейных производителей. Сегодня это совместное предприятие фирм ArcelorMittal, Maizières Research и ZKS Dillingen, которое проводит исследовательские проекты в области приготовления угольных шихт, стабилизации качества кокса, оптимизации технологического режима процесса коксования, продления срока службы коксовых печей и совершенствования технологии переработки коксового газа, а также оказывает техническую поддержку заводам фирм ArcelorMittal и ZKS Dillingen.

Среди приоритетов последних исследований центра отмечены следующие:

- изучение процесса окисления угля (разработка способов определения и предотвращения окисления, а также исследование влияние окисленности угля на качество кокса);
- оптимизация режима обогрева коксовой батареи (улучшение распределения тепловых потоков в отопительных вертикалах, снижение выбросов  $\text{NO}_x$ );
- исследование взаимосвязи насыпной плотности угольной загрузки и величины газового давления в процессе коксования (точность измерений и интерпретация результатов, моделирование нагревательного простенка, определение максимально допустимого давления в камере коксования).

В частности, было показано, что окисление углей приводит к снижению их текучести, диапазона пластичности и дилатации.

Согласно результатам исследования процесс окисления угля вне зависимости от степени его метаморфизма происходит в две основные стадии. На первом этапе происходит резкое окисление угля, после чего, скорость окисления в

результате насыщения угольной поверхности заметно снижается. На рис. 1 приведен график зависимости потери текучести (%) углей разной степени метаморфизма от продолжительности их окисления\*.

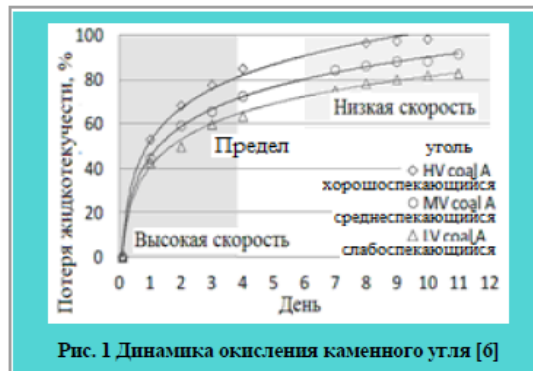


Рис. 1 Динамика окисления каменного угля [6]

Приведен сопоставительный анализ некоторых методов определения окисленности углей (табл. 1).

Согласно данным [6] максимальное ухудшение показателей качества кокса наблюдается при хранении углей, входящих в состав шихты для его производства, в течение 1 года в условиях естественного окисления: показатель CSR снижается на 7 %, I40 – на 2 %, а I10 возрастает на 2 %. Наиболее значимое ухудшение качества кокса наблюдается при окислении углей с высоким выходом летучих веществ, а наименьшее – при использовании в шихте углей со средним и низким выходом летучих веществ.

Для изучения влияния свойств каменноугольной шихты на качественные показатели получаемого из нее кокса, а также с целью изучения технологического режима коксования, давления распырения и т.п. используется пилотная печь с подвижной стенкой (см. рис. 2).

В качестве основных путей оптимизации распределения тепловых потоков в отопительной системе коксовых печей на существующих батареях, отапливаемых с использованием коксового газа, в источнике [6] указаны увеличение полноты сгорания топлива и разбавление коксового газа доменным. Средствами соответствующих исследований послужили физические «холодные» модели в масштабе 1:10, воспроизводящие гидравлический режим действующих отопительных вертикалов с сохранением числа Рейнольдса и соотношения потоков воздух – газ, а также математическое моделирование на основе гидродинамических расчетов. Сходная методология исследований применяется и в ГП «УХИИ» – например, в ходе выполнения совместной с ГИПРОКОКСом работы по совершенствованию технологического режима УСТК.

\* По нашему мнению, температура окисления углей предположительно составляет 80 °С.

Таблица 1

Сопоставительный анализ некоторых методов оценки окисленности углей

Метод	Уровень чувствительности	Примечание
ASTM D 5263-01 Determining the Relative Degree of Oxidation in Bituminous Coal by Alkali Extraction	Низкий	Выражает лишь стадии окисления угля. Чувствительность сильно зависит от происхождения угля, степени его метаморфизма и содержания в угле глины. Не чувствителен к термически окисленным углям.
Определение абразивности угля	Средний	Длителен. Не подходит для углей с низким выходом летучих веществ.
Петрографический метод определения окисленности образца угля, обработанного щелочью с красителем	Высокий	Подходит для углей любой стадии окисленности и степени метаморфизма. Добавочная процедура к петрографическому методу.

Комплексные исследования вышеперечисленными методами показали, например, что перераспределение воздушного потока оказывает значительное влияние на скорость горения и форму факела пламени. Ступенчатый воздушный поток удлиняет пламя до определенного предела. Минимальный расход воздуха на дне вертикала необходим для переноса газа в его верхнюю часть.



Рис. 2 Пилотная печь с подвижной стенкой [6]

Разбавление коксового газа доменным газом имеет тенденцию увеличивать длину факела пламени независимо от конфигурации отопительного простенка.

В плане изучения давления в коксовой камере в докладе [6] поставлены две приоритетных задачи:

- совершенствование методик и воспроизводимости измерений в промышленном масштабе;
- поиск взаимосвязи между значениями газового давления, измеренного в пилотном и в промышленном масштабе.

Анализ альтернативных точек замера показал следующее. При замерах давления через крышки загрузочных лючков сложно центрировать зонд, причем его ввод в камеру способствует утечке парогазовой фазы. Согласно [6] организация замера через двери коксовой печи является единственным методом, который дает надежные результаты. Такой замер осуществляется на двух разных высотах: около пода печи, где давление максимально (плотностной градиент) и на средней высоте – результаты такого замера эквивалентны результатам, получаемым в пилотной печи, в то время, как измерения на уровне пода печи всегда выше, чем в пилотных условиях.

Все вышеизложенное относится к так называемому газовому давлению. Что касается давления расприрания, то есть давления, которое в процессе коксования испытывают стенки коксовой камеры, то для его определения источник [6] предлагает математическое моделирование с применением метода конечных элементов, позволяющего достаточно полно учитывать все многообразие составляющих параметров: материал кладки, аномалии температурных полей, вес кровли, усилие упругости, влияние предварительного напряжения от металлических деталей и пр.

На рис. 3 представлен пример конечного результата подобного моделирования, которое позволяет определить критическое значение давления расприрания для конкретного простенка: 10,0-12,5 кПа.

Давление	5 кПа	8 кПа	10 кПа	12,5 кПа	15 кПа	20 кПа
Трещины	no	no	no	yes	yes	yes

Рис. 3 Определение критического давления расприрания

Еще один доклад [7] был посвящен обзору научно-исследовательских работ за последние 10 лет научно-исследовательского центра добывающей и металлургической промышленности DMT GmbH & Co. KG, Германия. Центр оказывает международные инженеринговые и консалтинговые услуги для производителей угля, коксовых заводов, металлургических комбинатов и предприятий коксохимического машиностроения по вопросам сырья и экологии.

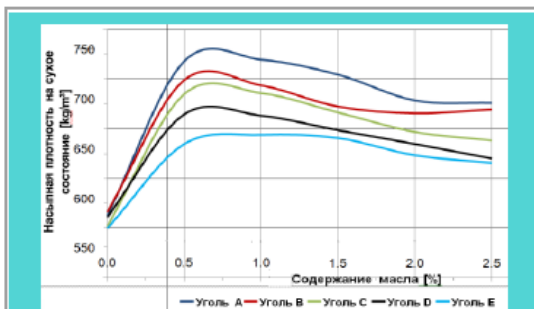


Рис. 4 Зависимость насыпной плотности индивидуальных углей от количества обмасливающей присадки [7]

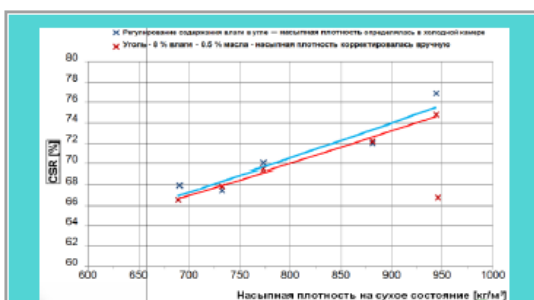


Рис. 5 Влияние насыпной плотности шихты на значение показателя CSR кокса [7]

Одним из наиболее интересных направлений деятельности Центра представляются исследования влияния различных факторов на насыпную массу каменноугольной шихты и роли уплотнения шихты в формировании сырьевой базы коксования. Так, например, на рис. 4 представлена зависимость насыпной плотности индивидуальных углей от количества обмасливающей присадки, а на рис. 5 — влияние насыпной плотности шихты, регулируемой за счет влажности (верхняя кривая) и

внесения обмасливающей присадки (нижняя кривая), на значение показателя CSR получаемого кокса\*.

Так же, как и в докладе [6], значительное внимание уделено исследованиям выветривания угля для прогнозирования окисления, улучшения свойств кокса и безопасной эксплуатации коксовой печи. Сходным (хотя и более широким) является набор методик, используемых для определения степени выветривания и окисления: текучесть (пластометрия) по Гизелеру, индекс вспучивания, индекс Poga, спекаемость по Gray-King, степень окисленности по ASTM D 5263 (перманганатное число), Ruhr-дилатометрия в соответствии с ASTM D 5515 и стандартом ISO 349, петрографический анализ.

Процесс коксования воспроизводился в специальной десятикилограммовой реторте.

В целом можно заключить, что в плане определения приоритетных направлений, используемого оборудования, основных методик исследования и получаемых результатов [6, 7] исследования, выполняемые в ГП «УХИИ», соответствуют современным тенденциям.

**Перечень использованных докладов на Eurocoke Summit 2017, Дюссельдорф, Германия, 25-27.04.2017 г.**

1. Outlook for the EU economy and steel market. J. Vermeij. Director, Market Analysis and Economic Studies of EUROFER, Belgium.
2. With consolidation in China and growth in India how will coke consumption react? W. May. Steel Raw Materials Analyst of CRU Group, UK.
3. Challenges and evolution of the seaborne metallurgical coal market. N.J. Bristow. Principal / Managing Consultant of H&W Worldwide Consulting Pty Ltd, Australia.
4. How will the US respond to the current met coal pricing landscape? J. Truman. Director - Global Metallurgical Coal Markets of Wood Mackenzie, USA.
5. OTC coking coal trading: a reason to cheer or jeer? S. Doyle. President of BtuBaron, USA.
6. Recent progress in cokemaking science at Centre de Pyrolyse de Marienau. J.-P. Gaillet. Director of Centre de Pyrolyse de Marienau (CPM), France.
7. DMT Cokemaking Service and the last 10 years of research and development. D. Gajic. Head of Business Segment Raw Materials & Environmental Services of DMT GmbH & Co. KG, Germany.

Рукопись поступила в редакцию 09.09.2017

\* Надо полагать, что и без внесения обмасливающей присадки качественные показатели исходной шихты обеспечивают получение кокса с высокими значениями CSR

---

**CHIEF EDITOR MESSAGE ON MATERIALS OF «EUROCOKE SUMMIT 2017»**

© Chief Editor of Journal of Coal Chemistry, Doctor of Technical Sciences, prof. E.T. Kovalev

*The message provides a brief overview of the reports presented at the 13th Annual International Conference «Eurocoke Summit 2017». It analyzes the current situation on the international markets of coking coal, metallurgical coke and ferrous metal. Examples of focus of the most interesting scientific developments have been given.*

Keywords: Conference «Eurocoke Summit 2017», the international market, steel, coal, coke, tendencies, research.

---

---

**ПОВІДОМЛЕННЯ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА ЗА МАТЕРІАЛАМИ «EUROCOKE SUMMIT 2017»**

© Головний редактор Вуглехімічного журналу, д.т.н., проф. Є.Т.Ковальов

*У повідомленні наводиться короткий огляд доповідей, представлених на 13-й щорічній міжнародній конференції «Eurocoke Summit 2017». Він аналізує поточну ситуацію на міжнародних ринках коксівного вугілля, металургійного коксу і чорних металів. Наведені приклади направленості найцікавіших наукових розробок.*

Ключові слова: конференція «Eurocoke Summit 2017», міжнародний ринок, сталь, вугілля, кокс, тенденції, дослідження.

---