МИРОВЫЕ И ЕВРОПЕЙСКИЕ РЫНКИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО УГЛЯ, КОКСА, СТАЛИ. ДОСТИЖЕНИЯ И ИННОВАЦИИ В КОКСОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ

(аналитический обзор материалов саммита “Европейский кокс 2018”)

Е. Т. КОВАЛЕВ¹, д-р техн. наук, профессор, директор, post@ukhin.org.ua;
В. П. МАЛИНА², vmalyna@gmail.com; В. И. РУДЫКА², канд. экон. наук, директор;

М. А. СОЛОВЬЕВ², канд. техн. наук, заместитель главного инженера

(¹ Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ), Украина, г. Харьков; ² ГП “Гипрококс”, Украина, г. Харьков)

Аннотация. Представлен аналитический обзор состояния экономики ЕС, мировых и европейских рынков металла, металлургического угля, кокса, стали и ценовых тенденций. Приведены примеры достижений в эксплуатации и инноваций в коксовом производстве. Отмечены перспективы развития металлургии и производства кокса.

Ключевые слова: металлургический уголь; сталь; кокс; мировые рынки; цены; сырьевая база коксования.

Ссылка для цитирования. Ковалев Е.Т., Малина В.П., Рудыка В.И., Соловьев М.А. Мировые и европейские рынки металлургического угля, кокса, стали. Достижения и инновации в коксовом производстве. Перспективы (аналитический обзор материалов саммита “Европейский кокс 2018”) // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 10. С. 5–17.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-10-5-17

24–26 апреля 2018 г. в г. Дюссельдорф, Германия, состоялся саммит “Европейский кокс 2018”, организованный компанией Smithers Apex (Великобритания, США). В нем приняли участие около 140 представителей из стран Европы, Азии, Австралии, Америки. Среди них были представители компаний-поставщиков металлургического угля, производителей металла и кокса, научно-исследовательских организаций, инжиниринговых и консалтинговых фирм и др.

На пленарных сессиях саммита было представлено 16 докладов по направлениям:

- состояние мирового производства угля, кокса, стали. Европейская экономика и производство стали;
- мировые и региональные рынки металлургического угля;
- повышение рентабельности коксового производства за счет совершенствования эксплуатации и технического обслуживания;
- развитие металлургического и коксового производств в Индии;
- новое в коксохимическом производстве.

• С ключевой презентацией на тему “Инновационная роль производства чугуна и кокса в XXI столетии. Стимулирование через сотрудничество” выступил представитель ArcelorMittal Group [1].

ArcelorMittal — это ведущая мировая металлургическая компания, присутствующая в Европе, Азии, Африке и Америке и имеющая около 200 тыс. человек персонала в более чем 60 странах.

В 2017 г. в ЕС ArcelorMittal располагала восемью заводскими площадками с коксовыми це-

хами и производством кокса 12,5 млн т.

В презентации затронуты такие проблемы:

- есть ли будущее у металлургии, основанной на коксе;
- сможет ли сталеплавильное производство выстоять в мире с низкими эмиссиями углерода;
- как стимулировать сотрудничество между различными секторами в ЕС;
- в чем заключается инновационная миссия коксового производства.

Рис. 1. Мировое металлургическое производство с разбивкой по технологиям

Fig. 1. World steel production by technologies

Используемая обществом сталь — это функция его развития. Ее потребление на душу населения характеризует уровень развития страны, и этот мировой показатель непрерывно растет. Характерным является количество накопленной в отдельно взятых странах и находящейся в пользовании металлопродукции на душу населения. Этот показатель колеблется от 1 до 10 т/чел. в зависимости от уровня развития

страны, среднемировая величина составляет 4 т/чел. Мировая экономика имеет в своем пользовании около 30 млрд т металлопродукции.

На рис. 1 представлено видение группой ArcelorMittal мирового металлургического производства до конца XXI в. с разбивкой по технологиям. На рис. 2 представлены освоенные в промышленности металлургические процессы.

Рис. 2. Промышленные технологии металлургического производства

Fig. 2. Industrial technologies of steel production

В связи со сжиганием ископаемого топлива и ростом промышленного производства непрерывно росли эмиссии CO₂ в окружающую среду и с 1997 по 2016 г. они увеличились с 25 до 35 млрд т/год. На долю металлургического производства приходится 6–7 % глобальных эмиссий. ArcelorMittal считает, что для выживания металлургии в условиях необходимости существенного сокращения эмиссий CO₂ отрасль должна развиваться на базе замыкания эмиссий CO₂ в технологическом цикле (так называемая экономика с замкнутым циклом). Например, образующийся в доменной печи (ДП) газ в виде очищенного синтез-газа CO/CO₂/H₂ может использоваться на энергетической установке.

ArcelorMittal считает, что у металлургии имеются все возможности для изменения ее бизнес-модели и получения из доменного газа новых продуктов (рис. 3).

В качестве примера ArcelorMittal приводит промышленную демонстрационную установку в Генте для производства этанола C₂H₅OH из до-

менного газа, созданную совместно с компанией Lanzatech (рис. 4).

Рис. 3. Новая бизнес-модель металлургического производства

Fig. 3. A new business-model of steel production

Модель экономики с замкнутым циклом открывает новые возможности перед коксовым производством. Ее инновационной миссией в этом направлении является снижение расхода кокса в доменной плавке до менее 200 кг/т чугуна путем увеличения прочности кокса, валори-

зации получаемого высокотемпературного тепла, улавливания водорода. Кроме того, коксовое производство должно найти новые пути утилизации отходов (рецикл муниципальных и других отходов, сточных вод и биомассы), улавливания аммиака, синтеза метанола и др.

Рис. 4. Схема установки для производства этанола

Fig. 4. Diagram of the facility for production of ethanol

В стимулировании сотрудничества между различными секторами в ЕС ArcelorMittal отводит ключевую роль Европейской металлургической технологической платформе (ESTEP), являющейся рамочной программой государственно-частного партнерства Европейской комиссии. Деятельность ESTEP направлена на участие в совместных действиях и проектах в области технологий и инноваций, направленных на создание стабильной металлургии в ЕС.

- Открыл пленарное заседание саммита представитель Европейской металлургической ассоциации Eurofer презентацией «Перспективы экономики ЕС и рынка стали: продлятся ли хорошие времена» [2]. В ней он осветил вопросы: обзор состояния экономики ЕС, металлопотребляющие секторы; рынок стали.

В 2017 г. промышленное производство в ЕС-28 росло, однако этот период характеризовался рядом отрицательных моментов (предельная загрузка предприятий, задержки в исполнении заказов, дефицит профессионализма, слабости цепочки поставок, влияние на экспортные заказы изменений курса евро, неопределенности в политике — Брексит, протекционизм, торговые войны и др.). Но они не дают оснований для паники, так как экономические основы ЕС остаются прочными. В III кв. 2017 г. рост ВВП достиг пика, остальные экономические показатели находятся на подъеме.

Баланс положительных и отрицательных моментов в оценке металлопотребляющих секторов за 2011–2018 гг. остается неоднозначным

(это касается промышленного производства ЕС в целом, налогообложения экспортных операций, оценки складских запасов, перспектив производства в ЕС).

Хорошие перспективы на 2018–2019 гг. имеет строительный сектор. Рост сектора автомобилестроения из-за насыщения рынка и ограниченных мощностей замедлится. Увеличение глобальных инвестиций, хорошие перспективы экспортных рынков вне зоны ЕС открывают возможности для роста европейского рынка инжиниринговых услуг в сфере механики.

Европейский рынок стали в 2018–2019 гг. будет характеризоваться довольно большим спросом на готовую металлопродукцию. Однако угрозой для его стабильности будут перекосы в сфере его наполнения продукцией, в частности рост ее импорта из третьих стран (например, пик импорта до ~2,8 млн т в январе–феврале 2018 г.).

Еврокомиссией были приняты меры по сокращению разрыва между местными и мировыми ценами на металлопродукцию, однако рынок ЕС еще в значительной степени открыт для импорта. Например, ввоз в ЕС готовой листовой продукции и длинномерного проката из Индии, Китая, Украины, Турции, Южной Кореи в 2017 г. в несколько раз превысил экспорт ее в США. Очень болезненным будет для ЕС принятие США тарифов и квот, направленных на сокращение ввоза металлопродукции в США на 13,3 млн т (для ЕС это 2,5 млн т).

В сочетании с всплеском импорта металло-

продукции в ЕС это может привести к сокращению выплавки стали в ЕС на 10 млн т, потерять работу могут 20 тыс. человек. Большую опасность для ЕС представляет также мировое перепроизводство стали.

На сессии, посвященной рассмотрению ситуации, сложившейся на мировом и региональных рынках металлургического угля, было представлено четыре презентации.

- Австралийская компания H&W Worldwide

Consulting Pty Ltd выступила с презентацией на тему: *“Последние новости в сфере спроса и поставок угля”* [3].

Отмечено, что конъюнктура спроса и поставок металлургического угля напрямую зависит от ситуации, складывающейся на мировом рынке спроса и поставок стали. В последние годы, в том числе в 2017 г., на этом рынке наблюдался рост, который сохранится в перспективе и иллюстрируется расчетными цифрами на 2018–2019 г. (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. МИРОВАЯ ПОТРЕБНОСТЬ В СТАЛИ

TABLE 1. WORLD REQUIREMENT FOR STEEL

Регион	Млн т			Рост, год/год, %		
	2017 г.	2018 г. (оценка)	2019 г. (прогноз)	2017 г.	2018 г. (оценка)	2019 г. (прогноз)
ЕС-28	162,3	165,6	166,9	2,5	2,0	0,8
Остальные страны	42,3	44,2	46,1	4,1	4,5	4,4
СНГ	52,8	54,0	55,0	6,1	2,3	1,8
НАФТА	140,7	145,0	147,3	6,4	3,0	1,6
Центральная и Южная Америка	40,9	43,5	45,6	3,8	6,2	4,9
Африка	35,1	36,6	38,3	–6,8	4,5	4,6
Ближний Восток	53,3	55,7	57,8	0,4	4,6	3,7
Азия и Океания	1036,1	1071,4	1069,7	5,5	1,1	–0,2
Всего мир	1587,4	1616,1	1626,7	4,7	1,8	0,7
Мир, исключая Китай	850,6	879,3	904,6	1,8	3,4	2,9
Развитые страны	410,7	417,9	422,7	2,9	1,8	1,1
Китай	736,8	736,8	722,1	8,3	0,0	–2,0
Развивающиеся и развитые страны, исключая Китай	439,9	461,4	481,9	0,8	4,9	4,5
АСЕАН-5	70,3	74,9	79,8	–5,2	6,6	6,4
Ближний Восток и Северная Африка	71,7	75,3	78,5	–1,1	5,0	4,2

Баланс спроса и поставок металлургического угля на мировом рынке в 2012–2025 гг. представлен в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. БАЛАНС СПРОСА И ПОСТАВОК МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО УГЛЯ

TABLE 2. BALANCE OF DEMAND AND SUPPLY OF METALLURGICAL COAL

Страна	Год													
	2012	2013	2014	2015	2016	2017 (оценка)	2018 (прогноз)	2019 (прогноз)	2020 (прогноз)	2021 (прогноз)	2022 (прогноз)	2023 (прогноз)	2024 (прогноз)	2025 (прогноз)
Потребность в мет. угле, млн т:														
Европа	54	53	57	54	50	52	54	55	55	55	57	57	58	58
Япония	57	57	55	55	57	56	57	57	57	56	56	56	55	55
Южная Корея	28	31	33	34	35	36	36	37	37	37	36	36	36	36
Тайвань	9	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	14
Китай	52	73	62	46	59	69	65	64	62	62	62	62	60	60
Индия	38	40	47	49	52	56	60	64	69	73	77	81	85	90
Бразилия	5	9	11	11	13	15	17	18	20	21	22	23	23	24
Всего	258	288	295	279	296	315	320	328	334	339	347	353	355	362
Изменение, %	6,61	11,63	2,43	–5,42	6,09	6,42	1,59	2,50	1,83	1,50	2,36	1,73	0,57	1,97

Страна	Год													
	2012	2013	2014	2015	2016	2017 (оценка)	2018 (прогноз)	2019 (прогноз)	2020 (прогноз)	2021 (прогноз)	2022 (прогноз)	2023 (прогноз)	2024 (прогноз)	2025 (прогноз)
Поставки мет. угля, млн т:														
Австралия	145	170	186	185	189	175	184	186	190	132	196	198	200	202
Канада	30	34	30	27	27	29	31	33	33	32	34	34	35	35
США	59	57	51	38	33	42	40	36	34	32	30	30	30	28
Россия	10	14	13	12	33	13	14	15	16	16	15	15	15	16
Индонезия	3	4	4	3	3	4	5	5	7	8	9	12	13	15
Мозамбик	2	3		6	6	10	13	14	15	17	18	20	21	22
Другие	9	6	6	7	6	6	7	7	8	9	9	10	10	11
Всего	258	288	295	278	277	279	294	298	303	306	311	319	324	329
Изменение, %	6,61	11,63	2,43	-5,76	-0,36	0,72	5,38	1,36	1,68	0,99	1,63	2,57	1,57	1,54

Мировой рынок металлургического угля продолжает оставаться напряженным и нестабильным и характеризуется чрезвычайной волатильностью цен.

Например, с октября 2010 г. по ноябрь 2016 г. цены на уголь с низким и средним содержанием летучих в портах погрузки в Австралии и в портах выгрузки в Китае колебались от 100 и 200–250 долл/т до почти 400 долл/т. Эта ситуация сохраняется и в настоящее время и охватывает также цены на австралийские высококачественные твердые коксующиеся угли (fob, восточное побережье Австралии).

Имели место сложности с поставками углей из Австралии, Северной Америки, Мозамбика, России.

Австралия продолжает оставаться крупнейшим мировым поставщиком угля морским транспортом, и ее доля на рынке в 2016 г. составила 69 %, в 2017 г. — 62 % (например, США — 16 %, Канада — 10 %, Россия — 5 %, Мозамбик — 4 %).

На мировой рынок металлургического угля будут продолжать оказывать влияние развитие металлургии и состояние угольной сырьевой базы двух экономик — Китая и Индии, а также других новых потребителей.

Появляются новые металлургические мощно-

сти в юго-восточной Азии, новые ДП и коксовые производства во Вьетнаме, Индонезии. Имеется потенциал для расширения и создания новых мощностей в Малайзии, Таиланде, роста производства в Южной Америке, Турции, на Ближнем Востоке, после 2030 г. — в Африке, возможности импорта угля в Украину и другие страны Восточной Европы, роста потребности в пылеугольном топливе (ПУТ).

Перспективы поставок металлургического угля в ближайшие пять лет связывают в основном с увеличением добычи на уже имеющихся шахтах и возобновлением работы ранее остановленных. Создание новых мощностей видится крайне ограниченным. На рынке угля будут присутствовать прежние поставщики (Австралия, США, Канада, Россия, Индонезия, Мозамбик). Производство стали и поставки металлургического угля будут оставаться прибыльным бизнесом.

• Презентацию «Основные характерные особенности рынков кокса в Польше, Украине и Турции» представила британская компания CRU Group [4].

В табл. 3 представлены основные показатели металлургических и коксовых производств этих стран.

Рынок Украины

До 2014 г. Украина была крупнейшим в регионе экспортером металлопродукции, однако в 2017 г. на ее производстве отрицательно сказался конфликт на востоке страны.

Большая часть угледобычи, 68 % коксовых мощностей, находится в конфликтной зоне либо вблизи нее; добыча угля в этом районе сократилась на 60 %, коксовые мощности страны к 2018 г. уменьшились на 36 %.

По прогнозам CRU, в 2018 г. будет продолжаться восстановление производства чугуна,

стали и кокса благодаря повышению коэффициента использования мощностей. Но производство кокса не выйдет на уровень 2010 г.

Обеспечение коксующимися углями будет одной из серьезнейших проблем. Украина импортирует эти угли из России, США, Казахстана, Австралии. В 2017 г. импорт составил 10,3 млн т, CRU прогнозирует, что к 2022 г. он составит 12 млн т/год. В ближайшие пять лет Украина обеспечит себя коксом, но экспортировать его не будет.

ТАБЛИЦА 3. ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

TABLE 3. MAIN PRODUCTION INDICES

Страна (основные производители)	Производство, млн т					Импорт кокса, млн т		Экспорт кокса, млн т		ДП–ККЦ ^{*1} , % от производства стали	
	чугун		сталь	кокс		2017 г.	2022 г. (прог-ноз)	2017 г.	2022 г. (прог-ноз)	2017 г.	2022 г. (прог-ноз)
	2017 г.	2022 г. (прог-ноз)	2017 г.	2017 г.	2022 г. (прог-ноз)						
Украина ^{*2} (ArcelorMittal, “Метинвест”, “Донецксталь”, ИСД, ЕВРАЗ, Харьковский завод, “Запорожжкокс”)	19,3	28,9	22,0	9,7	10,7	1,1	0	0,2	0	91	94
Польша ^{*3} (JSW, ZK Walbrzych, Koksownia Przyjazn, KK Zabrze, ArcelorMittal)	5,1	4,8	10,0	9,2	10,6	0,6	0,2	6,5	7,1	57	58
Турция ^{*4} (Erdemir, Kardemir, Isdemir)	10,6	11,2	37,0	5,3	5,8	0,8	0,7	0	0	30	26

^{*1} ДП–ККЦ — технологическая цепочка доменная печь – кислородный конвертер.
^{*2} Ранее производила ~19 млн т/год кокса и ~40 млн т/год стали.
^{*3} Польша — основной экспортер кокса.
^{*4} Большое растущее производство стали в электродуговых печах.

Рынок Польши

CRU прогнозирует продолжение роста выплавки стали в стране, однако темпы роста будут ниже, чем в предшествующие 5 лет (6 % в 2018–2022 гг. против 18 % в 2011–2017 гг.). Очень плавными будут и темпы роста производства кокса. В 2017 г. коэффициент использования коксовых мощностей составлял 92 % (мощности

— 10,250 млн т/год, производство — 9,410 млн т). Польские коксовые заводы работают с максимальной загрузкой. В 2017 г. Польша экспортировала 6,5 млн т кокса в основном в страны Европы (в том числе в Украину), в дальнейшем экспорт продолжится.

Рынок Турции

В 2017 г. выплавка стали увеличилась на 13 % и будет продолжать расти. CRU ожидает рост к 2022 г. на 3 млн т. 69 % стали выплавляется в ЭДП, 31 % — в ККЦ. Наличие в стране скрапа и дешевой электроэнергии обеспечивает дальнейший рост электросталеплавильного производства (к 2022 г. ожидаемая доля ККЦ составит 26 %, ЭДП — 74 %).

Требуют замены старые коксовые батареи на заводах Erdemir и Isdemir. На Isdemir запланирована модернизация КБ № 3, на Erdemir — вывод КБ № 1 и строительство новой КБ № 4. В 2016–2017 гг. на Kardemir коэффициент использования коксовых мощностей составил 92–94 %. При росте электросталеплавильного производства потребности в коксе будут сокращаться.

• Компания Wood Mackenzie, США, выступила с презентацией “Проблемы рынка угля и влияние на них зимних ограничительных условий Китая” [5].

Складывающуюся на мировом рынке металлургического угля ситуацию связывают с влиянием на нее основных игроков рынка (Китая, Индии, США, Австралии). Влияние Китая в связи с большими объемами производства, потребностью в сырье и др. проявляется в том, что в зимнее время выплавка чугуна в стране уменьшается, поскольку сокращаются потребности в металлопродукции для строительства. С 2013 г. средняя величина падения производства чугуна и стали в стране в зимнее время составляла 11 млн т. В эту зиму она выросла до 26 млн т (в среднем 15 млн т в зависимости от решений провинциальных правительств). Это влияет на объем импорта в Китай дефицитного коксующегося угля.

Местная добыча качественного твердого коксующегося угля, обеспечивающего CSR кокса больше 70 %, составляет менее 10 млн т/год. Выплавка чугуна в Индии увеличилась, импорт

стальной продукции сократился. Потребности в металлургическом угле растут у предприятий, которые строят новые мощности, и у тех, которые выходят из банкротства.

Экспорт угля на мировой рынок из США в 2017 г. составил 46,4 млн т. На 2018 г. запланировано расширение шахт и увеличение американской добычи на 6 млн т.

Запланировано расширение в 2018 г. объектов угледобычи с ее увеличением на 16 млн т в Австралии, Канаде, Мозамбике; спрос на уголь, доставляемый морем, вырастет только на 5 млн т. Однако проблемы, связанные с необходимостью выполнения ремонтных работ на ряде объектов угледобычи в Австралии, могут привести к сокращению поставок угля в 2018 г. на 20 млн т. Поставки угля в довольно большом количестве должны оказывать давление на цены в сторону их снижения.

- Российская консалтинговая компания Ignatov&Company Group представила презентацию на тему: *“Российские рынки угля и кокса: текущая динамика и перспективы на будущее”* [6].

В ней освещены: состояние угледобывающей отрасли России до 2014 г.; металлургия России до 2014 г.; новые факторы в 2014–2015 гг.; экспорт российского угля.

В 2017 г. в России было произведено 409 млн т угля, или 96 % от рекордного уровня, достигнутого в бывшем СССР. Угольный бизнес сконцентрировался на добыче энергетического и коксующегося угля. В 2008 г. 70,2 % добычи коксующегося угля сосредоточилось в руках производителей стали, 29,8 % — в руках отдельных частных компаний. 82 % коксующегося угля потреблялось внутри страны, 18 % шло на экспорт. В 2010–2014 гг. в отрасли появились новые тенденции: экспорт стал основным драйвером роста добычи и стал больше ориентироваться не на страны ЕС, а на страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР); выросли зарубежные инвестиции. В 2017 г. почти половина добываемого в России угля экспортировалась (~186,9 млн т), ожидают роста этого показателя и в 2018 г. В страны СНГ экспортировалось 11,8 % угля, в страны АТР — 44,7 %, в страны ЕС — 39,2 % (в 2008 г. — 73,44 %), в другие регионы — 4,3 %.

В 2009–2010 гг. зарубежный бизнес начал активно покупать российские угольные шахты, одной из первых была компания ArcelorMittal. В 2013 г. 15,4 % мощностей по добыче коксующегося угля было в руках компаний с зарубежными инвестициями. Появились новые проекты по добыче угля в Южной и Восточной Сибири, а также на Дальнем Востоке, ориентированные на поставки угля в страны АТР.

К 2014 г. 2/3 добычи коксующегося угля оказалось в руках “большой шестерки” (“Мечел”, “Северсталь”, ЕВРАЗ, ММК и др.), 1/6 добычи

принадлежит ArcelorMittal и “Донецкстали”, 1/5 — мелким операторам в Кузбассе.

В 2000–2013 гг. в металлургии России появились новые тенденции: стремление достичь объемов производства советских времен, концентрация бизнеса, рост объемов листовой продукции, технологическая модернизация, приобретение зарубежных активов и др. Появились собственники, сами обеспечивающие себя углем (ЕВРАЗ, “Северсталь”, “Мечел”), собственники с меньшими собственными ресурсами (ММК, НЛМК).

Санкции западных стран в 2014–2015 гг. обусловили ориентацию экспорта российского угля на страны АТР.

Российский экспорт испытывает жесткую конкуренцию со стороны традиционно владеющих нишей в АТР Австралии и Индонезии. Кроме того, на рынке появились новые экспортеры (конкуренты): Казахстан, Монголия, Вьетнам, Колумбия с агрессивной рыночной стратегией.

На сессии, посвященной теме “Повышение рентабельности за счет совершенствования эксплуатации и технического обслуживания”, было заслушано три презентации.

- С презентацией *“Тематические исследования. Успешные проекты по усовершенствованию на заводе IJmuiden компании Tata Steel”* выступил представитель завода IJmuiden, Нидерланды [7].

На этом заводе имеется два коксовых цеха: № 1 мощностью 1,1 млн т/год, № 2 мощностью 1,0 млн т/год. Батареи имеют верхнюю загрузку шихты.

Программа по усовершенствованию работы коксового завода IJmuiden преследовала цель удовлетворить наилучшим образом запросы заказчиков и обеспечить стабильную рентабельность работы завода. Вложение средств на заводе направлено на подготовку персонала, информационные технологии (IT) и совершенствование производства.

Одним из проектов было решение задачи продления срока службы дверей коксовых печей в коксовом цехе № 2. Они служили один–два года вместо запланированных трех лет, их часто меняли из-за усиливающегося газовыделения из печей.

Был организован сбор информации и выполнен анализ причин выхода дверей из строя, проведена “стандартизация” процесса по уходу за дверьми, предусматривающая ежемесячные встречи обслуживающего персонала с изготовителями дверей, подготовку информации по управлению этим процессом и т. п.

Имеются и другие проблемы, над решением которых работает заводская команда, для чего разработана модель управления технологиче-

ским процессом, охватывающая видение проблем, наличие профессионализма и инициатив, ресурсы, план действий, учет успехов и неудач, обучение персонала и др.

• “О стабильной работе коксовой батареи с печами высотой 7,6 м на заводе Posco в Кракатау”, Индонезия, информировал менеджер коксового цеха этого завода [8].

Южнокорейская компания Posco построила и в декабре 2013 г. ввела в действие первый металлургический завод в Индонезии, в районе Kawasan Industri Krakatau, Cilegon. Его мощность — 3 млн т/год (слябы, катаная продукция, чушковый чугун). Он имеет ДП объемом 3800 м³, ККЦ (300 т/ч), двухручьевую МНЛЗ (1,5 млн т/год слябов), прокатную группу (1,5 млн т/год листа).

В составе коксового производства — батарея из 80 печей размерами 0,55×7,6×20 м и мощностью 1,1 млн т/год; газовый поток составляет 88000 нм³/ч, тушение кокса мокрое, разовая выдача кокса ~40 т. Из улавливаемого сероводорода производят серу в твердом виде.

Стабильность работы батареи была достигнута за счет успешного решения ряда производственных проблем:

- на начальном этапе имелись трудности в поддержании температуры обогрева. Для их преодоления произвели регулирование работы форсунок, оптимизировали соотношение газ/воздух, отрегулировали распределение температур, добились получения качественного кокса, наладили систему превентивного ремонта коксовых машин;

- свели к минимуму содержание влаги в коксе (с 8 до 2 %). Для этого модифицировали тушильный вагон (ТВ) посредством установки в нем перегородок, синхронизировали скорость передвижения электровоза ТВ и выталкивающей штанги, усовершенствовали систему орошения тушильной башни путем установки основных и вспомогательных форсунок, были установлены качающиеся клапаны на затворах разгрузочного устройства коксовой рампы и др.;

- усовершенствовали работу коксовых машин. В качестве аварийного источника электропитания электровоза ТВ был принят генератор с дизельным приводом, установленный на прицепе к электровозу. На коксовыталкивателе была установлена система регулирования нагрузки на поперечные анкерные стяжки;

- отрегулировали систему дробления угля, добившись содержания в шихте класса –3 мм в количестве 81±3 %. Установили контроль за соблюдением состава шихты и содержанием в ней твердых коксующихся и полумягких углей, мелочи, за качеством углей и их дроблением;

- была внедрена система прогнозирования качества кокса посредством моделирования условий коксования. Ввели в действие систему не-

прерывного совершенствования работы коксового цеха и превращения его в экологически дружественное производство.

• “Использование альтернативных углей/материалов на коксовом заводе с акцентом на сокращении затрат и выбросов CO₂” — тема презентации представителя коксового завода бразильской металлургической компании Gerdau [9].

Компания Gerdau находится в провинции Minas Gerais. Она производит 4,5 млн т стали/год, 1,7 млн т/год кокса. В ее состав входят два коксовых цеха: № 1 мощностью 1,17 млн т/год (введен в 1986 г.) и № 2 мощностью 600 тыс. т/год (введен в 2008 г.). Коксовые печи имеют высоту 6 м, загружаются сверху. Расход угля для коксования составляет 2,3 млн т/год, выход кокса — 81 % (с.в.). Качественные характеристики получаемого кокса: DI (150–15) >85 %, CSR >70 %, содержание золы <8 %, серы <0,65 %.

Факторами, побудившими Gerdau сфокусировать внимание на поиске альтернативного сырья для коксования, являются: избыток сталеплавильных мощностей в Бразилии, большое влияние стоимости сырья для коксования на стоимость стали, ожидаемые ограничения инвестиций в коксовое производство, изменение политики в отношении глобального потепления и решения Парижской конференции 2015 г., активно поддерживаемые в Бразилии.

Большинство бразильских коксовых производств используют в шихте 100 % импортных углей. Сырьевая база Gerdau состоит в основном из 11 % угля из США, 30 % — из Колумбии, 36 % — из Бразилии, 12 % — из Африки, 11 % — из Австралии.

Gerdau решает задачу при сохранении ключевых составляющих ее сырьевой базы коксования и при обеспечении высокого качества кокса использовать в сырье, кроме присадки нефтяного кокса, альтернативные, более дешевые, чем качественный уголь, местные материалы с целью снижения стоимости кокса и сокращения эмиссий CO₂, а именно:

- имеющийся в достаточном количестве в провинции Minas Gerais древесный уголь, получаемый карбонизацией эвкалипта и уже используемый в доменном производстве компании. Присадка этого угля к шихте для коксования в количестве до 2 % не ухудшает показатели DI и CSR кокса и экономит при цене древесного угля 69 % от цены австралийского угля Peak Down;

- материал использованных автомобильных шин в количестве до 3 %;

- смесь из различных измельченных отходов, традиционно отправляемых на мусорные свалки, в количестве до 1 % (пластик, резина, древесина, текстиль, кремний и др.).

- Польский институт химической переработки угля (ICHPW) посвятил свою презентацию теме *“Пуск в Польше новых коксовых батарей, ориентированных на производство литейного кокса”* [10].

В составе польской коксохимии 7 коксовых предприятий (8 заводских площадок), имеющих 24 коксовые батареи (10 с верхней загрузкой, 14 с трамбованием); средний возраст батарей составляет 19 лет. В последние годы Польша производит около 9,5 млн т/год кокса. Шесть из перечисленных польских заводов производят литейный кокс в количестве около 630 тыс. т/год (2016 г.).

Наибольшая часть производимого в ЕС литейного кокса приходится на Польшу (41,5 %) и Республику Чехия (30,1 %).

ICHPW считает, что производство литейного кокса в сочетании с трамбованием шихты имеет преимущества перед производством кокса для ДП при верхней загрузке коксовых печей в связи с более высокой ценой литейного кокса.

На производство литейного кокса ориентированы две недавно введенные в эксплуатацию коксовые батареи в Польше:

- батарея с трамбованием в коксовом цехе Victoria коксохимического завода Walbrzych, построенная по проекту B.P. Koksoprojekt Ltd, Польша, и пущенная в декабре 2017 г.;

- батарея с трамбованием коксового завода Czystochowa Nowa Ltd, построенная по проекту Гипрококса и пущенная в декабре 2017 г.

Отмечено, что производство литейного кокса представляется хорошим бизнесом, а трамбование шихты и широкая камера обеспечивают получение литейного кокса необходимого качества. Кроме того, трамбование шихты является хорошим технологическим решением при нынешнем нестабильном рынке высококачественного коксующегося угля. Ключевым вопросом остается соотношение цены кокса и производственной мощности, а также смогут ли новые батареи повлиять на уровень цен на литейный кокс.

Отдельная пленарная сессия саммита была посвящена рассмотрению развития металлургического и коксового производств в Индии. Выступившие на этой сессии представители индийских компаний осветили следующие темы:

- индийские рынки стали и металлургического кокса (Gujarat NRE Coke Ltd) [11];

- влияние качества кокса на изменение расхода кокса в ДП (Tata Steel Jamshedpur India) [12];

- производство коммерческого кокса в Индии на пути восстановления (Bhushan Power & Steel) [13];

- опыт успешной работы печей без улавливания химических продуктов коксования (JSW Steel Ltd) [14].

В 2015 г. рост ВВП в Индии составил 8,01 %, в 2016–2017 гг. понизился до 7,11 и 6,72 % соот-

ветственно. В 2017 г. вновь увеличился уровень безработицы до 3,6 % против 3,5 % в 2014 г. В декабре 2017 г. выросла инфляция до величины 5,21 против 1,54 в июне 2017 г. (в феврале 2018 г. она снизилась до отметки 4,44). Имеет место отрицательное торговое сальдо.

В 2018 г. фин. году рост экономики Индии может быть самым низким за последние четыре года, а рост ВВП будет на уровне 6,75 %. Остается низким потребление стали на душу населения (63 кг в 2016 г.).

Индия является третьим крупнейшим мировым производителем стали (в 2017 г. — 104,1 млн т) и планирует удвоить ее выплавку к 2031 г.

Tata Steel на заводе в Jamshedpur имеет семь коксовых батарей с трамбованием, производящих кокс для ДП компании объемом 590–3600 м³. В 2015–2017 гг. компании удалось снизить расход кокса до 330–350 кг/т чугуна против 435–452 кг/т в 2014 г. на ДП большого объема (3200 м³) за счет использования ПУТ и совершенствования технологии.

Bhushan Power & Steel предлагает использовать разработанную ею технологию S3 (печи для коксования с цехом улавливания и другими объектами) для производства коммерческого кокса малыми и средними производителями в Индии и за ее пределами, а также как хорошую альтернативу при замене старых ульевых печей.

JSW Steel Ltd поделилась опытом успешной эксплуатации (с 2007 г.) трех коксовых батарей с трамбованием и печами без улавливания, в частности, оптимизации использования в шихте до 20 % коксующегося/полумягкого коксующегося угля в виде ПУТ с обеспечением 65,2 % CSR и 24 % CRI кокса.

JSW достигла уменьшения содержания влаги в коксе с 5,5–6,0 до 2,5 % путем утилизации тепла отходящих из печей без улавливания горячих газов в сушильном агрегате.

Отходящие газы с температурой 1000–1050 °C разбавляются атмосферным воздухом до достижения температуры 240–250 °C и вентилятором подаются в сушильный агрегат, где кокс пребывает 1,5 ч. 1 % снижения влажности кокса обеспечивает сокращение его расхода в ДП на 3 кг.

Теме “Новое в коксохимическом производстве” были посвящены две презентации.

- В презентации немецкой компании ThyssenKrupp Industrial Solutions (TKIS) речь шла *“О последних технологических разработках для коксохимических заводов”* [15].

Деятельность TKIS как разработчика технологий направлена прежде всего на удовлетворение требований заказчиков в части выбора наилучших решений по направлениям:

- обеспечение безопасной эксплуатации объектов, защиты окружающей среды и создания

надлежащих условий обслуживания;

- снижение стоимости затрат на эксплуатацию и ремонты;
- продление срока службы предприятия.

Решение этих проблем связывается со стоимостью необходимых капзатрат.

В 2014–2018 гг. усилия TKIS были сосредоточены на выполнении НИР и проектов по сведению к минимуму эмиссий NO_x . Отмечается ужесточение требований к этому показателю (в Азии, например, устанавливаются предельные величины 75–120 ppm).

TKIS еще раз рассмотрела систему обогрева COMBIFLAME и возможные причины образования NO_x и пришла к выводу:

- высокая температура обогрева является критическим показателем, влияющим на производительность;
- образование термических NO_x существенно увеличивается с повышением температур в простенках;
- необходима оптимизация конструкции отопительной системы, позволяющая сократить образование NO_x без понижения температур и обеспечить ту же мощность при оптимальных капзатратах.

TKIS создала и запатентовала систему обогрева с низкими эмиссиями NO_x COMBIFLAME 2.0, обеспечивающую среднесуточное образование термических NO_x при обогреве коксовым газом (в количестве <80 ppm при температуре в обогревательных каналах <1300 °C). При ее разработке использовали моделирование потоков,

изменение расположения точек подвода воздуха/газа, окон рециркуляции и др. В табл. 4 приведены расчетные сравнительные показатели последнего проекта.

ТАБЛИЦА 4. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

TABLE 4. COMPARATIVE INDICES

Показатель	Существующий дизайн	Концепция оптимизированного дизайна
Производственная мощность, т/год	1600000	1600000
Предельное содержание NO_x в отходящем газе, ppm	<150	<150
Средняя температура в вертикалах, °C	1250	1290
Число печей	128	120
Снижение числа печей, %	0	~6,5

TKIS внесла ряд усовершенствований в конструкцию оборудования и кладки коксовых печей, что позволило сократить их стоимость и затраты на монтаж и ремонты. На рис. 5 приведены основы этапы процесса разработки инжиниринга при оптимизации геометрии дизайна батареи.

Рис. 5. Схема разработки инжиниринга при оптимизации геометрии батареи

Fig. 5. Diagram of engineering elaboration at coke oven geometry optimization

Компания имеет методику расчета стоимости затрат на строительство батареи, базирующуюся на общих размерах батареи, при этом выполняются работы по оптимизации каждого геометрического размера камеры коксования.

ТАБЛИЦА 5. ДАННЫЕ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ПЕЧЕЙ

TABLE. 5. DATA ON THE OPTIMAZATION EFFICIENCY

Показатель	Число печей	Масса механического оборудования, %	Масса огнеупорных материалов, %
Существующий завод	120	100	100
Уменьшение образования NO _x	120	93,8	93,8
Совершенствование дизайна	120	81,4	92,9
Оптимизация размеров печей	100	74,8	84,6

Сделан вывод о том, что увеличение длины камеры коксования является наиболее экономичным путем увеличения мощности, увеличение высоты — самый дорогой способ,

увеличение ширины — важный фактор для установления оптимального количества пече-выдач/сут.

TKIS предлагает при выборе размеров камеры коксования в сочетании с COMBIFLAME увеличивать ее длину и уменьшать ширину и конусность.

В табл. 5 приведены данные последнего проекта об эффективности оптимизации размеров печей.

Из приведенных данных видно, что в результате имеет место экономия затрат на оборудование и строительство.

• Канадская компания Pearson Coal Petrography представила презентацию на тему “Прогнозирование барабанной прочности кокса посредством измерения толщины пластического слоя” [16].

В ней освещены такие вопросы:

- роль петрографии в прогнозировании барабанной прочности кокса;
- показатель прочности как показатель композиционного баланса;
- капсульная герметизация;
- пластометр Сапожникова, объемные кривые;
- прогнозирование барабанной прочности (по ASTM, Micum 40);
- прогнозирование качества угольных шихт.

Заключение

Основанная на углероде выплавка чугуна в ДП — наиболее экономичный способ производства первичного металла, однако он должен адаптироваться к вызовам, связанным с эмиссией CO₂. Полагают, что концепция замыкающейся в собственном цикле металлургии (циркуляционная, или так называемая экономика с замкнутым циклом) сыграет большую роль в повышении надежности металлургии как одного из секторов возобновляемой энергии. Доменное и коксовое производства будущего должны сфокусироваться на экологически чистой переработке отходов как одного из видов сырья.

Прочная экономическая база позволяет удерживать стабильность европейского рынка стальной продукции, однако имеется ряд факторов, отрицательно влияющих на его состояние (политическая нестабильность, протекционизм, торговые войны). Большая угроза рынку ЕС исходит от мирового перепроизводства стали.

Мировой рынок металлургического угля будет напряженным, но имеются перспективы его укрепления с приходом новых поставщиков. По-

ставки угля будут прибыльным бизнесом. Австралия, США, Канада, Индонезия, Мозамбик, Россия будут оставаться основными игроками рынка. Индия и далее будет зависеть от импорта металлургического угля.

Ведется поиск путей совершенствования эксплуатации и ремонта действующих коксовых предприятий с целью повышения рентабельности их работы и продления срока службы.

Проводятся работы по расширению сырьевой базы коксования в направлении снижения стоимости угольной шихты, испытания по присадке к угольной шихте альтернативного, более дешевого сырья при обеспечении заданного качества кокса и стабильности производства.

Внедряются новые технологии и технические решения, направленные на сокращение эмиссий от коксовых печей, в частности NO_x, посредством совершенствования схемы обогрева печей. Осуществляется оптимизация геометрических размеров камер коксования в направлении сокращения капитальных и других затрат при сохранении мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Maré C.De. Opening technical keynote. The Innovative Role of Iron and Cokemaking in the 21st Century. Inspiration through Collaboration // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
2. Vermeij J. The outlook for the EU economy and steel market: will the good times last? // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
3. Bristow N.J. The latest on coal supply and demand // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
4. Melkonyan J. Key market themes in the coke markets of Poland, Ukraine and Turkey // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
5. Truman J. Coal market issues and the impact of Chinese winter industrial restrictions // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
6. Ignatov A. Russian coal and coke markets: current dynamics and future perspective // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
7. Luttikhuizen T. Case studies: Successful improvement projects at Tata Steel IJmuiden // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
8. Kim J.-H. Stable operation of 7,6 m coke oven in Krakatau POSCO // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
9. Liziero G. Use of alternative coals/materials in the Coke Plant with a focus on cost reduction and CO₂ emissions // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
10. Sobolewski A. Start-up of new coke batteries in Poland focused for foundry coke production // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
11. Jagatramka A.K. Indian steel and met coke market // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
12. Gupta R. Impact of coke quality in changing the coke regime of blast furnace, Tata Steel Jamshedpur // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
13. Sen A. Merchant coke making in India via recovery route // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
14. Mathai R. Success stories of JSW non-recovery coke oven // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
15. Neumann M. Recent technological developments for coke oven plants // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.
16. Pearson R. Coke tumbler strength prediction from measurements of the plastic layer // Материалы саммита “Европейский кокс 2018”, 24–26 апреля 2018 г., Дюссельдорф, Германия.

WORLD AND EUROPEAN MARKETS OF METALLURGICAL COAL, COKE, STEEL. ACHIEVEMENTS AND INNOVATIONS IN COKE PRODUCTION. PERSPECTIVES.

(analytical review of materials of “European coke 2018” summit)

E. T. KOVALEV¹, HD (Tech), Professor, Director, post@ukhin.org.ua;
V. P. MALINA², vmalya@gmail.com; V. I. RUDYKA², PhD (Econ), Director;

M. A. SOLOV'EV², PhD (Tech), Deputy Chief Engineer
(¹ Ukrainian State Research coal and chemical Institute (UKHIN), Ukraine, Khar'kov;
² GP “Giprokoks”, Ukraine, Khar'kov)

Abstract. Analytical review of EEC economy status presented, as well as world and European markets of metal, metallurgical coal, coke, steel and prices tendencies. Examples of achievements in operation and innovations in coke production given. Perspectives of steel industry and coke production development outlined.

Key words: metallurgical coal; steel; coke; world markets; prices; coking raw materials base.

For citation: Kovalev E.T., Malina V.P., Rudyka V.I., Solov'ev M.A. World and European markets of metallurgical coal, coke, steel. Achievements and innovations in coke production. Perspectives (analytical review of materials of “European coke 2018” summit). *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii* = *Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018. No. 10, pp. 5–17. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-10-5-17

REFERENCES

1. Maré C.De. Opening technical keynote. The Innovative Role of Iron and Cokemaking in the 21st Century. Inspiration through Collaboration. *Materials “Eurocoke Summit 2018”*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
2. Vermeij J. The outlook for the EU economy and steel market: will the good times last? *Materials “Eurocoke Summit 2018”*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
3. Bristow N.J. The latest on coal supply and demand. *Materials “Eurocoke Summit 2018”*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.

4. Melkonyan J. Key market themes in the coke markets of Poland, Ukraine and Turkey. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
5. Truman J. Coal market issues and the impact of Chinese winter industrial restrictions. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
6. Ignatov A. Russian coal and coke markets: current dynamics and future perspective. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
7. Luttikhuisen T. Case studies: Successful improvement projects at Tata Steel IJmuiden. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
8. Kim J.-H. Stable operation of 7,6 m coke oven in Krakatau POSCO. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
9. Liziero G. Use of alternative coals/materials in the Coke Plant with a focus on cost reduction and CO₂ emissions. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
10. Sobolewski A. Start-up of new coke batteries in Poland focused for foundry coke production. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
11. Jagatramka A.K. Indian steel and met coke market. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
12. Gupta R. Impact of coke quality in changing the coke regime of blast furnace, Tata Steel Jamshedpur. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
13. Sen A. Merchant coke making in India via recovery route. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
14. Mathai R. Success stories of JSW non-recovery coke oven. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
15. Neumann M. Recent technological developments for coke oven plants. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.
16. Pearson R. Coke tumbler strength prediction from measurements of the plastic layer. *Materials "Eurocoke Summit 2018"*, April 24–26, 2018, Dusseldorf, Germany.