

37. Кулаков Н.К. Отдельные закономерности, характеризующие условия коксования в промышленных печах / Николай Константинович Кулаков // Кокс и химия. – 1959. – № 5. – С. 15-21.
38. Цикарев Д.А. Математическое моделирование процесса коксования: механизм развития давления газов. Реф. по материалам II Межд. конгр. по коксохим. производству / Дмитрий Александрович Цикарев // Кокс и химия. – 1993. – № 11-12. – С. 26-28.
39. Скляр М.Г. Исследование процесса формирования монолита кокса / М.Г. Скляр, Ю.С. Васильев, Н.А. Валтерс [и др.] // Кокс и химия. – 1986. – № 6. – С. 13-17.
40. Агроскин А.А. Распределение давлений в камере коксовой печи / Анатолий Абрамович Агроскин // Кокс и химия. – 1939. – № 3. – С. 34-38.
41. Сухоруков В.И. Движение газов в загрузке в процессе коксования // В.И. Сухоруков, Г.Н. Безверный, Н.С. Грязнов // Кокс и химия. – 1981. – № 9. – С. 16-19.
42. Гайдаенко А.С. Влияние гидравлического режима коксования на величину выбросов загрязняющих веществ при производстве кокса / А.С. Гайдаенко, А.Л. Фидчунов, И.В. Шульга // Углехимический журнал. – 2015. – № 4. – С. 25-29.
43. Goleczka G. CRE Studies of coking pressure and coke discharge problems / G. Goleczka, G. Everitt / 1-st Int. Cokemak. Congr. Preprints. Paper IV.2. – 1987. – P. 1-26.
44. Szurman E. Der maximal Gasdruck bei der Hochtemperatur verkokuhkg von Steinkohle / E. Szurman, W. Simonis // Gluckauf – Forschungshefte. – Bd. 34.2. – S. 68-74.
45. Скляр М.Г. Об упорядочении терминологии в области спекания углей и коксообразования / М.Г. Скляр, Л.Л. Нестеренко // Кокс и химия. – 1977. – № 4. – С. 54-57.

Рукопись поступила в редакцию 17.01.2017.

ABOUT THE ORDERING OF THE TERMINOLOGY RELATED TO THE PRESSURE OF THE COKING COAL TO THE COKE OVEN WALLS

© Kuznichenko V.M., PhD in technical sciences, Sytnik A.V., PhD in technical sciences (SE "UKHIN")

The article describes the terminology used by different authors concerning to the pressure of coking coal to coke oven walls. The correctness of use of the terms "expansion pressure" and "interior vapor-gas pressure of the plastic mass" has been discussed.

The conceptual and terminological analysis showed that the term "expansion pressure" is the most appropriate to signify the pressure of coking coal loading on the coke oven walls. To signify the pressure of vapor and gas substances formed in plastic layer should use the term "vapor-gas pressure of the plastic mass".

Keywords: coking process, terminology, expansion pressure, the interior vapor-gas pressure of the plastic mass.

УДК 662.741.2/3

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РЕГЛАМЕНТА РАБОТЫ КОКСОВЫХ БАТАРЕЙ С БОЛЬШИМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

© *А.Л. Фидчунов¹, И.В. Шульга²

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

П.В. Жилавий³, А.А. Бобырь⁴, В.Ф. Касьянов⁵

ЧАО «Авдеевский коксохимический завод», 86066, г. Авдеевка, проезд Индустриальный, 1, Украина

* Автор для переписки

¹ Фидчунов Алексей Леонидович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. коксового отдела, e-mail: fich_aleks@gmail.com

² Шульга Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доц., с.н.с., начальник коксового отдела, e-mail: ko@ukhin.org.ua

³ Жилавий Павел Васильевич, ведущий инженер-технолог отдела непрерывного совершенствования, Pavel.Zhilavyy@metinvestholding.com

⁴ Бобырь Алексей Алексеевич, начальник производственного отдела, Aleksey.Bobyry@metinvestholding.com

⁵ Касьянов Владислав Францискович, начальник коксового цеха № 4, Vladislav.Kasyanov@metinvestholding.com

В статье проанализированы причины, затрудняющие эксплуатацию коксовых батарей с большим сроком службы. Предложен регламент их работы, учитывающий как техническое состояние печей в части сохранности кладки огнеупоров отопительной системы, так и особенностей технологического режима батарей, обусловленных производством кокса повышенного качества.

Ключевые слова: правила технической эксплуатации, коксовая батарея, производство кокса, технологический регламент, отопительная система, контроль выбросов.

Технологический режим работы коксовых батарей изложен в Правилах технической эксплуатации коксохимических предприятий (ПТЭ) [1]. Концепция этого документа главным образом подчиняется следующему принципу: при производстве кокса требуемого качества стремиться к сохранности печного фонда эксплуатируемых батарей.

В настоящее время большинство действующих батарей Украины находятся в эксплуатации больше проектного срока их службы. Причем реальность работы для эксплуатационников состоит в том, что приоритет смещен в сторону удовлетворения требований, связанных исключительно с производством кокса и его качеством. Трудности, связанные с производством кокса, – регулярные перешихтовки с изменением марочного состава углей, частые изменения периода коксования, а также неудовлетворительное состояние огнеупорной кладки батарей затрудняют точное следование правилам работы и обслуживания коксовых батарей. В таких условиях разработка регламента для действующих коксовых батарей с большим сроком эксплуатации весьма актуальна.

Цель данной статьи – определить области, в которых строгое соблюдение требований ПТЭ как документа, регламентирующего рациональную эксплуатацию батарей в проектных условиях, невозможно либо нецелесообразно при конкретных условиях эксплуатации. В качестве примера рассмотрим работу коксовых батарей №№ 7-9 ЧАО «АКХЗ», срок эксплуатации которых больше нормативного и составляет для коксовой батареи № 7 после перекладки с фундаментной плиты 28 лет*, коксовой батареи № 8 – с октября 1987 г., т.е. 26 лет, а для коксовой батареи № 9 – 25 лет**.

Период коксования

В соответствии с инструкцией по расчету производственной мощности коксохимических предприятий [2], оборот печей для коксовых батарей принимается в зависимости от их полезного объема и ширины камеры коксования, как представлено в табл. 1.

Таблица 1

Оборот печей для коксовых батарей в зависимости от их полезного объема, ширины камеры и срока эксплуатации

Показатели	Объем камеры, м ³			>40
	<30	30,0-40,0		
		ширина камеры меньше 450 мм	ширина камеры 450 мм и больше	
Срок эксплуатации лет, не больше	25	20	20	15
Оборот, ч, при производстве кокса из насыпной шихты	15	15	17	16

* 16 печей переложены на 2 вертикала с м.с. и на 4 вертикала с к.с. на участках от контрфорсов 759-772 и 701-715.

** При полной перекладке всех простенков батарей на глубину 2 (м.с.) и 4 (к.с.) вертикалов в 2013 г.

Если батарея эксплуатируется в течении более продолжительного периода, то оборот печей увеличивается на 0,5 ч на каждый год эксплуатации сверх срока, указанного в табл. 1. Отсюда, с учетом продолжительности эксплуатации только кладки простенков и верхнего строения, минимальный период коксования на коксовых батареях №№ 7, 8 и 9 должен составлять соответственно 22, 21 и 20 ч.

Причина удлинения периода коксования связана, главным образом, с неизбежным разрушением огнеупорной кладки отопительной системы вследствие длительного срока службы батареи. Часто разрушения огнеупоров приводят к изменению не только полноты загрузки, но и требуемого распределения газа и воздуха в простенках, что усложняет, а, зачастую, делает невозможным обеспечение регламентных [1] характеристик температурного и гидравлического режимов, таких как распределение температур в простенках и коэффициент избытка воздуха на обогрев батарей.

В частности, для обеспечения равномерности прогрева коксуемой загрузки требуется обеспечение постоянства коэффициента избытка воздуха во всех вертикалах простенка ([1], п. 7.210). При регулировке это достигается путем изменения расстановки шиберов в косых ходах.

Это связано с тем, что первоначальная регулировка батареи осуществлялась для проектного (см. табл. 1) периода коксования (15-16 ч). Результатом регулировки является такая расстановка шиберов в косых ходах, которая обеспечивает равномерное распределение газа и воздуха в отопительной системе и равномерную (с учетом конусности камеры коксования) передачу тепла в коксуемую загрузку по ее длине и высоте. Это распределение газа и воздуха обеспечивается полями скоростей и давлений для данной конструкции коксовой батареи, созданными в процессе ее регулировки и характерными для конкретного количества газа (воздуха), подаваемого в отопительную систему (простенок). В таких условиях любое изменение поступления воздуха в простенок изменяет поля скоростей и давлений, что становится причиной ухудшения равномерности распределения воздуха и тепла в простенке.

На практике обеспечение иной расстановки шиберов является довольно длительным и трудоемким мероприятием, целесообразным при переводе батареи на длительную эксплуатацию с удлиненным периодом коксования. Однако в настоящее время на коксовых батареях №№ 7-9 нет практической возможности перераспределения воздуха за счет его регулировки регистрами в устьях косых ходов (т.н. «бананами») по причине их повсеместного прирастания к кладке пода вертикалов.

Поэтому, обычно при удлинении периода коксования просто обратно пропорционально уменьшают по-

дачу газа и воздуха. Однако производственная практика показала, что при этом наблюдается перераспределение существующего поля давлений в отопительной системе, что выражается в непропорционально большем снижении поступления воздуха в крайние вертикалы (при соответствующем увеличении поступления воздуха в центральные вертикалы). В крайних вертикалах при этом не обеспечивается устойчивое горение (вертикалы «захлебываются»). Поэтому эксплуатационники вынуждены увеличивать общее поступление воздуха в отопительную систему, а значит и в крайние вертикалы. При этом для компенсации перераспределения воздуха от центра к краю простенка (крайним вертикалам) увеличивают величину подпора под смотровыми лючками шахточек.

В производственной практике для сохранения регламентного распределения полей давлений и скоростей в отопительной системе при работе на удлиненных периодах коксования используют изменение длительности паузы кантовочного цикла [3]. Суть этого приема заключается в том, что газ на обогрев, например, подается не все 20 мин кантовочного цикла (за исключением времени, необходимого для непосредственного проведения операций кантовки), как обычно, а 12-15 мин, то есть происходит уменьшение продолжительности рабочей части цикла кантовки (с подачи газа в отопительную систему). В течение остального времени (кантовочной паузы) кантовочная лебедка стоит в положении на «метку», обеспечивающей закрытие всех реверсивных кранов. При этом особое внимание должно быть обращено на тщательность регулировки кантовочного механизма с обеспечением синхронности закрытия-открытия всех реверсивных кранов и равного подъема всех дымовых клапанов и воздушных крышек в положении «метки». Это положение должно быть как можно ближе к рабочему положению лебедки: сразу после закрытия реверсивных кранов или непосредственно перед их открытием.

Недостаток такого решения – циркуляция воздуха во время паузы через отопительную систему, что охлаждает верх простенков и перекрытие печей, способствует разграфичиванию кладки, значительно снижает температуру по краям загрузки и увеличивает расход тепла на коксование. Уменьшить (но не устранить полностью) эти недостатки можно с помощью «отсечки тяги» – закрытия сразу после начала паузы шиберов тяги в боровых и открытия их перед окончанием паузы.

В то же время, как показала практика, ведение обогрева с использованием длительных пауз кантовочного цикла значительно снижает температуру в крайних вертикалах. В таких условиях использование паузы допустимо только в случае, если обычно наличествует выраженный перегрев кокса.

Горячие ремонты простенков и возникающие осложнения

Обязательной частью обслуживания коксовых батарей с большим сроком эксплуатации является планомерное проведение ремонтов кладки огнеупоров. Причины и последовательность разрушения кладки огнеупоров рассмотрены в работе [4]. В данной статье достаточно обратить внимание на то, что для сохранности огнеупоров батареи первостепенным условием является стабильность её работы (т.е. неизменность периода коксования).

Однако последние 25 лет батарей эксплуатировались в сложных условиях, характеризовавшихся частыми изменениями периода коксования в пределах от 17 до 65 ч, нестабильным марочным составом шихты с перешихтовками, количеством которых доходило до 20 и более в месяц. Это влекло за собой колебания температурного режима. Нарушения режимов обогрева и эксплуатации батарей особенно резко увеличились в связи с обострением обстановки в Донбассе, что приводило к частым остановкам обогрева, переводу батарей на горячую консервацию с использованием природного газа (при этом в камерах находился кокс в период до 25-ти суток) и т.д.

Тем не менее, в настоящее время, благодаря своевременным корректирующим мероприятиям и ранее проведенным капитальным ремонтам, состояние огнеупорной кладки батарей №№ 7-9 ЧАО «АКХЗ» в целом удовлетворительное и соответствует возрасту батарей.

Необходимо отметить, что проведение ремонтов в первую очередь направлено на стабилизацию полноты загрузки печей. В то же время, появились трудности с обеспечением обогрева в вертикалах зоны шва между старой и новой кладкой.

Горение прососов сырого коксового газа в зоне шва между старой и новой кладкой вызывает локальные перегревы и затрудняет достижение стабильных величин рациональных режимных параметров, даже при перерегулировке батарей. Для устранения влияния локальных перегревов либо временно отключают сопряженные простенки от обогрева, либо уменьшают подачу газа в соответствующие вертикалы за счет уменьшения диаметра регулировочных шайб.

Таким образом, зона шва примыкания на переложённых участках батарей сейчас является источником проблем, усложняющих обогрев и регулировку печей. Их ликвидация может быть обеспечена после заграфичивания швов, т.е. при стабильной работе батарей без колебаний периода коксования. Практика эксплуатации показывает, что на переложённых участках при стабильной работе швы заграфичивались, однако после перевода батарей на другой режим вновь происходило разграфичивание.

Для оценки газоплотности после перекладки простенков КБ № 7 были проведены замеры величины прососов сырого коксового газа по методике [5] на переложённых и непереложённых участках батарей. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Замер прососов на разных участках батарей № 7

ГБК №№	Концентрация компонентов					α	Просос, %
	O ₂	CO		NO _x			
	%	ppm	мг/м ³	ppm	мг/м ³		
703	10,2	264	487	152	459	1,94	7,9
	19,1						
719	10,0	750	1347	193	568	1,89	
723	8,6	306	491	178	469	1,69	3,7
	20,1						
753	8,2	928	1437	216	549	1,63	3,3
	20,06						
763	9,07	817	1366	195	535	1,76	10,2
	18,3						

Представленные в табл. 2 данные свидетельствуют, что величина прососов в переложённых простенках №№ 3 и 63 больше, чем в непереложённых простенках №№ 23 и 53. Это является доказательством слабой заграфичивности шва примыкания между старой и новой (переложённой) кладкой КБ № 7.

Для оценки газоплотности общего массива кладки коксовых батарей №№ 7-9 проведены замеры величины прососов сырого коксового газа в отопительную систему по методике [4]. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 3.

Состав продуктов горения на дымовых трубах батарей №№ 7-9

Примечания	Состав продуктов горения					
	O ₂ , %	α	CO		NO _x	
			ppm	мг/м ³	ppm	мг/м ³
КБ № 7 труба						
	11,0	2,08	320	632	125	405
	10,8	2,05	330	643	132	422
	10,2	1,94	361	665	124	375
	10,3	1,97	351	657	126	387
	10,3	1,95	337	624	126	383
Среднее		2,0	340	645	127	394
Без газа	19,0 (19,0)					
КБ № 8 дымовая труба						
	18,3	7,78	155	1146	47	570
	18,3	7,74	152	1118	49	591
	18,3	7,79	149	1103	49	595
Среднее	18,3	7,77	152	1122	48	585
КБ № 9. дымовая труба.						
1 кант.	17,4	6,77	359	2310	41	432
2 кант.	16,6	4,88	883	4093	80	608
	16,5	4,56	1150	4982	80	568
Среднее	16,8	5,4	800	3800	68	536
Без газа	19,7 (20,1)					

Примечательно, что отмечено наличие оксида углерода CO в пробах продуктов горения батареи № 8, которая находится на горячей консервации. В условиях, когда газ сжигается с большим избытком воздуха (на трубе КБ № 8 $\alpha = 7,8$), единственным источником CO могут быть только перетоки отопительного коксового газа из дюзовых каналов через неплотности швов скопления в регенераторы нисходящего потока, где температуры низкие и горение практически отсутствует.

Такие перетоки часто невозможно обнаружить визуально, например при плановом осмотре состояния кладки огнеупоров. Поэтому об их наличии эксплуатационники часто догадываются лишь по косвенным признакам.

Хотя перетоки коксового газа из дюзовых каналов не критичны для осуществляемого обогрева, их наличие сильно искажает данные о количестве загрязняющих веществ, образующихся в отопительной системе при производстве кокса. Существующие технологические методы [6] снижения образования выбросов загрязняющих веществ в данном случае непродуктивны и заметное улучшение может быть достигнуто только после переделки этой зоны огнеупоров.

Расчет величины прососов на батарее № 9 дал значение прососов в отопительную систему сырого коксового газа 8,4 %, т.е. величину меньшую, чем на КБ № 7 (9,5 %). При этом с 2013 г. снижение газоплотности простенок на КБ № 7 больше, чем на КБ № 9. Так, в означенный период на КБ № 7 рост величины прососов составлял от 7,0 до 9,5 %, тогда как для КБ № 9 этот рост составлял от 7,09 до 8,4 %. Причиной этого, по видимому, является частичная переделка на КБ № 9 всех простенок.

В целом можно утверждать, что величина прососов на обследованных батареях не критична и соответствует возрасту батарей. Но влияние прососов неоднозначно. Помимо увеличения выбросов загрязняющих веществ появляются зоны прогара поверхности кладки греющего простенка [7].

Контроль готовности кокса

Для контроля температурного режима коксовой батареи используются данные замеров температуры по оси коксового пирога в разных точках по высоте камеры коксования под всеми тремя загрузочными люками ([1], п. 7.184). Однако на большинстве коксохимичес-

ких предприятий Украины в настоящее время хромель-алюмелевые термопары для проведения таких замеров по независимым от производителей объективным причинам стали очень дефицитными. Поэтому нередко контроль готовности кокса проводится с помощью оптического пирометра, который обычно применяется для контроля температурного режима обогрева батарей.

В связи с этим, персоналом коксового цеха № 4 ЧАО «АКХЗ» разработан метод оценки температуры кокса во время выдачи его из камеры коксования с помощью пирометрического замера. При этом с помощью пирометра фиксируется температура кокса во

время его выдачи из камеры (в точках, расположенных приблизительно на середине высоты коксового пирога). Также, для контроля температуры верха выдаваемого коксового пирога и условной оценки равномерности обогрева по высоте камеры коксования используются данные периодических замеров температуры подсвдогового пространства. Ниже, в качестве иллюстрации, представлены результаты пирометрических замеров температуры выдаваемого кокса батарей №№ 7 и 9.

Замеры, проведенные с использованием пирометра с исчезающей нитью накала, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Данные пирометрических замеров температуры выдаваемого кокса

№ батарей (№ камеры)	Период коксования, ч	Температура выдаваемого кокса от начала к концу выдачи, °С				Средняя температура кокса, °С	Температура подсвдогового пространства, °С
		1090	1120	1120	1100		
9 (905)	23,5	1090	1120	1120	1100	1108	803
9 (925)	23,5	1090	1090	1070	1100	1088	789
9 (929)	23,5	1120	1130	1100	1120	1118	782
9 (959)	23,5	1080	1110	1080	1120	1098	786
7 (725)	25,8	1080	1060	1100	1090	1083	780
7 (742)	25,8	1070	1080	1110	1120	1095	784
7 (755)	23,5	1090	1060	1100	1090	1089	788

Проведенные замеры температуры верхних зон выдаваемого коксового пирога показали, что на обеих батареях эта температура практически одинакова и составляет 1000-1020 °С. Повышение температуры в этой зоне нецелесообразно по причине увеличения температуры подсвдогового пространства выше допускаемого значения [1] – 820 °С, что повлечет за собой нарастание отложений графита на своде и стенах камер коксования, нарушающих нормальный ход выдачи печей и ухудшение качества химических продуктов коксования.

Использование современных инфракрасных пирометров позволяет несколько усовершенствовать методику замеров: пирометр запрограммирован так, что непрерывно фиксирует температуру выдаваемого кокса в течение всей выдачи коксового пирога. Количество замеров может достигать 300-350 значений. Таким образом, в распоряжении оператора имеются данные о температурах выдаваемого кокса по всей длине камеры от коксовой и до машинной стороны.

Полученный массив данных передается на компьютер и при помощи специально разработанной программы проводится обработка результатов. Итогом работы является сводная таблица температур по длине коксового пирога, где каждое значение соответствует зоне коксуемой загрузки напротив отдельного вертикала. Результаты замеров температуры кокса с использова-

нием данных инфракрасного пирометра приведены в табл. 5. Поскольку количество замеров велико, нет необходимости приводить весь массив данных, а достаточно результатов их обработки. Вначале, для 2-х крайних вертикалов коксовой стороны, в качестве иллюстрации приведен фактический замер, далее приведены уже обработанные данные.

Представленные в табл. 5 данные свидетельствуют о достаточно равномерной готовности выдаваемого кокса по длине камеры коксования. Разбег значений температуры при выдаче кокса в зонах напротив большинства вертикалов (за исключением 2-х крайних вертикалов с коксовой стороны) невелик и не превышает 50 °С, что для исследованных батарей со сроками эксплуатации, превышающими 25 лет, является хорошим результатом и, по нашему мнению, объясняется не только большим периодом коксования, но и систематической работой по поддержанию требуемого технического состояния огнеупорной кладки и уровня эксплуатации.

Однако остается уместным вопрос о том, насколько данные, полученные пирометром, соответствуют данным, полученным при проведении замеров температуры коксового пирога с применением термопар (т.е. контактным методом) [8]. По общему мнению коксохимиков отклонение невелико и часто находится в пределах ± 20 °С.

Таблица 5

Замер температуры кокса инфракрасным пирометром

№№ замера	Температура коксового пирога, °С	Номер вертикала
1	2	3
	1183	
1	1054	
2	1060	
3	1103	
4	1108	32
5	1097	
6	1094	
7	1071	
8	1091	
9	1065	
10	1052	
11	1103	
12	1033	
13	1054	31
14	1078	
15	1143	
16	1151	
17	1138	
18-26	1157,3	30
27-35	1148,3	29
36-44	1112	28
45-53	1138	27
54-62	1122	26
63-71	1107	25
72-80	1106	24
81-89	1162	23
90-98	1173	22
99-107	1077	21
108-116	1176	20
117-125	1164	19
126-134	1089	18
135-143	1172,5	17
144-152	1178,6	16
153-161	1131	15
162-170	1132	14
171-179	1148	13
180-188	1128	12
189-197	1160	11
198-206	1136	10
207-215	1116	9

Продолжение таблицы 5

1	2	3
216-224	1105	8
225-233	1114	7
234-242	1091	6
243-251	1112	5
252-260	1154	4
261-269	1170	3
270-278	1178	2
279-287	1180	1

Ранее, в рамках исследований на одном из отечественных КХП, был проведен сравнительный эксперимент. В течение выдачи коксового пирога из печи (температура кокса предварительно была измерена с помощью термопар), его температура фиксировалась оптическими пирометрами на трех уровнях (соответствующих уровню погружения термопар). Причем, для удобства проведения замера, выдача кокса приостанавливалась в те моменты, когда необходимо было измерить температуру кокса расположенного в зонах, соответствующих зонам кокса под загрузочными люками. Полученные результаты представлены в табл. 6 и 7. Для удобства в табл. 7 приведены данные замера оптическим пирометром и средние расчетные значения (контактный замер) конечной температуры кокса.

Как видно, значения температуры кокса, полученные пирометрическим замером выше значений замера термопарой. При средней разнице значений между этими замерами 20 °С, отклонение в 5 °С наблюдается в 80 % количества замеров и лишь в 20 % замеров это отклонение выше. Погрешность значений замеров конечной температуры кокса (относительная величина) составляет 2-3 % и находится в интервале абсолютных значений ± 20 °С.

Повышение качества кокса

Современное состояние доменного производства требует использования малореакционного по отношению к CO_2 кокса с характеристиками по CRI и CSR на уровне, соответственно, 30-35 и 55-60 %. Практикой установлено, что обеспечение таких показателей достигается при использовании специфических шихт (выход летучих веществ из шихты на горючую массу не более 27-28 %, индекс основности шихты не более 2,2) и повышенными до уровня не менее 1100 °С средневзвешенными температурами выдаваемого кокса [9]. Именно в таких условиях работают коксовые батареи №№ 7 и 9. Достичь требуемого уровня температур в коксе можно либо повысив расход газа на обогрев, либо за счет удлинения периода коксования. С точки зрения обеспечения сохранности кладки считаем второй путь более

рациональным. Меньшие скорости коксования при удлиненных периодах позволяют углубить молекулярно-структурные превращения органической массы, что способствует более полному завершению процессов усадки при коксообразовании. При этом готовность кокса в центральной части коксового пирога улучшается не только за счет увеличения общего уровня температур, но и в результате уменьшения перепада температур между пристеночной и центральной зонами камеры коксования. Таким образом, увеличение продолжительности коксования обеспечит рост средневзвешенной температуры в коксе до требуемого уровня при уже отмеченном улучшении равномерности готовности кокса по ширине печи.

Следует еще раз подчеркнуть, что необходимым условием при работе на удлиненных периодах является соответствующая корректировка режима обогрева, о чем мы уже писали выше. Это позволит обеспечить равномерный подъем температуры в коксуемой засыпи и достижение требуемой готовности кокса непосредственно перед выдачей. «Перестой» печей, когда такая готовность достигается за несколько часов до выдачи – чрезвычайно негативное явление. Даже при отключенном обогреве за эти несколько часов может происходить существенное ухудшение свойств кокса. Систематическая работа с «перестоями» способствует ускоренному разрушению огнеупорной кладки.

Таблица 6

Данные контактного замера температуры кокса

Время замера, ч	I люк (М.С.)				II люк (средняя зона)				III люк (К.С.)			
	Величина подсводового пространства, мм, на шихту / на кокс											
	550/750				500/750				550/800			
	Уровни замера температуры коксуемой загрузки от пода печи, м											
	0,6	2,8	4,5	4,8	0,6	2,8	4,5	4,8	0,6	2,8	4,5	4,8
Температура кокса, °С												
1	453	134	71	126	96	126	65	127	740	95	125	66
2	587	145	60	136	106	129	84	135	795	94	124	90
3	673	341	72	131	110	118	83	132	848	131	121	87
4	740	634	84	145	112	118	87	121	876	439	116	83
5	790	700	75	135	130	113	83	140	897	600	113	88
6	812	744	80	130	195	122	83	155	920	630	116	93
7	818	772	77	130	320	200	81	185	930	736	130	95
8	837	762	79	142	440	315	112	235	935	765	234	145
9	860	793	122	200	565	485	190	315	930	787	370	247
10	865	803	210	275	635	580	268	388	935	840	485	330
11	881	826	370	402	702	630	350	471	940	830	610	441
12	905	846	560	540	775	690	510	596	950	865	730	570
13	951	916	822	755	950	731	626	742	960	878	838	676
14	1005	955	930	870	1015	792	826	845	1010	885	920	775
15	1060	1020	990	945	1060	905	915	900	1040	995	980	920
16	1077	1050	1032	975	1098	945	958	932	1060	1035	1023	968
17	1105	1080	1048	980	1110	990	980	950	1080	1095	1045	990
18 ³⁰	1125	1090	1060	995	1125	1070	1000	960	1137	1100	1060	1000

Таблица 7

Температура выдаваемого кокса, замеренная оптическим пирометром (термопарой)

По высоте камеры коксования	Температура кокса (°С) по замеру пирометром (термопарой) в точках под люками		
	I люк (М.С.)	II (средний люк)	III люк (К.С.)
Верх (t_{34})	1070 (1050)	1010 (994)	1060 (1051)
Середина (t_{12})	1120 (1105)	1120 (1094)	1140 (1116)
Низ	1160 (1125)	1140 (1125)	1160 (1137)

Оптимальный коэффициент избытка воздуха

Оптимальный коэффициент избытка воздуха должен обеспечивать не только полное сжигание отопительного газа, но и высокий теплотехнический КПД батарей при низком уровне выбросов вредных веществ в окружающую среду. При слишком низком коэффициенте избытка воздуха не обеспечивается полное сгорание, что увеличивает расход газа на обогрев печей. Кроме того, при неполном сгорании углеродсодержащих компонентов газа в продуктах сгорания увеличивается содержание вредного вещества – оксида углерода СО. При высоком коэффициенте избытка воздуха температура горения снижается, а объем продуктов сгорания и количество неиспользуемого тепла, уносимого ими из отопительной системы на дымовую трубу, возрастают, что также приводит к некоторому увеличению расхода тепла на коксование. Кроме того, в этом случае возрастают концентрации кислорода и азота в газовой смеси, что в соответствии с законом

действующих масс приводит к увеличению скорости образования вредных веществ – оксидов азота (некомпенсируемому снижением температуры горения) и их концентрации в выбросах на дымовую трубу. Поэтому, из практики работы и в соответствии с п. 7.209 ПТЭ [1] коэффициент избытка воздуха при сжигании отопительного газа должен устанавливаться в пределах 1,25–1,50.

Однако состояние изношенной кладки коксовых батарей №№ 7 и 9 не позволяет обеспечить равенство коэффициента избытка воздуха во всех вертикалах простенка, особенно при работе батарей на периодах, превышающих 20 ч. Поэтому при работе на больших периодах коксования для обеспечения полноты сгорания газа в головочных (крайних) вертикалах требуется увеличение поступления воздуха в простенок. Рекомендуемые значения избытка воздуха приведены в табл. 8.

Таблица 8

Коэффициент избытка воздуха в зависимости от периода коксования

Период коксования, ч	Коэффициент избытка воздуха, α
< 20	до 1,5
20-22	до 1,75
22-26	до 2,0
> 32	до 2,5

Выводы

1. Практика эксплуатации коксовых батарей свидетельствует о том, что для обеспечения равномерного обогрева по длине и высоте коксуемой загрузки на коксовых батареях с изношенной кладкой все характеристики температурного режима должны быть основаны на величине минимально допустимого периода коксования и, соответственно, максимально возможного уровня температуры в простенках.

2. Состояние кладки отопительной системы коксовых батарей №№ 7 и 9 ЧАО «АКХЗ» в целом удовлетворительное и соответствует сроку их эксплуатации. Дальнейшую эксплуатацию этих батарей целесообразно вести в узком интервале периодов коксования, составляющем 21–23 ч. Это позволит обеспечить равномерный подъем температур в коксовой засыпи, повысить газоплотность греющих стен за счет заграфичивания шва примыкания между новой и старой кладкой и в итоге улучшить экологические характеристики батарей.

3. Для оперативного контроля конечных температур кокса целесообразно применение оптических пирометров, что делает замеры гораздо менее трудоемкими по сравнению с использованием термомпар. При этом для каждой батареи необходимо составить таблицы соответствия результатов термомпарных замеров с данными,

полученными с помощью пирометра определенного типа.

4. Значения коэффициента избытка воздуха, подаваемого в отопительную систему, целесообразно корректировать в зависимости от принятого периода коксования. Диапазон значений этого показателя может составлять от 1,5 при периоде коксования 20 ч до 2,5 при периоде коксования более 32 ч.

Библиографический список

1. *Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий.* – Харьков: Гипрококс, 2001. – 318 с.
2. *Інструкція з розрахунку виробничої потужності коксохімічних підприємств. Затверджено ГБО «УКРКОКС» від 03.01.2001 р.* – 26 с.
3. *Васильев П.В. Регулируемая кантовочная пауза как средство управления тепловым режимом коксовых батарей / П.В. Васильев, А.А. Ваганов, Г.П. Древал [и др.] // Кокс и химия. – 1991. – № 12. – С. 12–13.*
4. *Романюк И.В. Перекладка, горячие ремонты коксовых батарей № 1, 2 на КХП ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог» / И.В. Романюк, И.И. Сикан, Ю.Н. Скрипий, В.С. Черванев, В.И. Гончаров, Я.И.*

Дячук, Н.В. Мукина, А.Л. Фидчунов, И.В. Шульга // Углехимический журнал. – 2016. – № 3. – С. 18-30.

5. Фидчунов А.Л. О методике оценки прососов сырого коксового газа в отопительную систему коксовых батарей / А.Л. Фидчунов, И.В. Шульга, Ю.С. Васильев, Н.С. Кириенко // Углехимический журнал. – 2007. – № 6. – С. 20-25.

6. Фидчунов А.Л. О влиянии технологических параметров коксования на образование оксидов азота в отопительной системе коксовой батареи / А.Л. Фидчунов // Кокс и химия. – 2015. – № 8. – С. 13-19.

7. Фидчунов А.Л. Об особенностях контроля выбросов из отопительной системы коксовых батарей / Кокс и химия. – 2016. – № 9. – С. 14-18.

8. Справочник коксохимика. Том 2. Производство кокса. [Под общ. ред. А.Г. Старовойта] – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2014. – 725 с.

9. Шульга И.В. Разработка химико-термических процессов переработки угля / И.В. Шульга. Углехимический журнал. – 2015. – № 3-4. – С. 21-31.

Рукопись поступила в редакцию 09.02.2017

ON THE FEATURES OF THE OPERATING PROCEDURE FOR COKE BATTERIES WITH A LONG SERVICE LIFE

© Fidchunov A.L., PhD in technical sciences, Shulga I.V., PhD in technical sciences (SE «UKHIN»), Zhilavyu P.V., Bobyr A.A., Kasyanov V.F. (PJSC «AVDIIVKA COKE»)

The article reports on the difficulties of operating of coke batteries with a long service life. The rules of their work has been proposed, taking into account both the technical conditions of the furnaces in terms of the safety of the masonry of the refractories of the heating system, and the features of the technological mode of the batteries, conditioned with the production of coke of increased quality.

Keywords: rules of technical operation, coke oven battery, production of coke, technological regulations, heating system, emission control.

УДК 66.09289 : 665.94

ВЫБОР ТИПА И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ДЕЭМУЛЬГАТОРА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ

© Л.П. Банников

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина

Банников Леонид Петрович, канд. техн. наук, зав. хим. отделом, e-mail: ukhimbannikov@gmail.com

Рассмотрен опыт коксохимических предприятий по использованию деэмульгатора типа «ПМ» отечественного производства для первичного обезвоживания каменноугольной смолы. Выполнены измерения межфазного поверхностного натяжения на границе раздела фаз «каменноугольная смола – водный раствор деэмульгатора». Величина снижения этого показателя дает возможность оценить активность деэмульгатора для конкретного типа смолы. Показано, что при снижении межфазного натяжения до критической величины образуются прямые водосмоляные эмульсии. Полученные изомеры межфазного поверхностного натяжения исследуемой системы позволяют также оценить эффективность введения деэмульгатора в органическую или водную фазу.

Ключевые слова: каменноугольная смола, деэмульгатор, межфазное поверхностное натяжение, критическая концентрация мицеллообразования.

Образующиеся при получении каменноугольной смолы в отделениях конденсации коксохимических предприятий водосмоляные эмульсии чрезвычайно осложняют процессы обезвоживания и обеззоливания, увеличивая тем самым затраты на подготовку смолы к переработке.

