

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОКСОВОЙ БАТАРЕИ № 1-БИС ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА**© Ю.А. Басий<sup>1</sup>, И.А. Довгань<sup>2</sup>, С.А. Копылов<sup>3</sup>, Г.Н. Журавель<sup>4</sup>

ПАО "ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ", 51901, г. Днепродзержинск, ул. Колесовская, 1, Украина

А.Л. Фидчунов<sup>5</sup>, И.В. Шульга<sup>6</sup>

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

<sup>1</sup> Басий Юрий Александрович, главный инженер, e-mail: chiefeng@dkhz.com.ua<sup>2</sup> Довгань Игорь Анатольевич, нач. углекоксового цеха, e-mail: i.dovgan@dkhz.com.ua<sup>3</sup> Копылов Сергей Алексеевич, ст. мастер производственного участка газового хозяйства УКЦ, e-mail: s.kopylov@dkhz.com.ua<sup>4</sup> Журавель Галина Николаевна, руководитель бригады ГП «Коксохимстанция», e-mail: r.nosach@dkhz.com.ua<sup>5</sup> Фидчунов Алексей Леонидович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. коксового отдела, e-mail: fch.aleks@gmail.com.<sup>6</sup> Шульга Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доц., заведующий коксовым отделом, e-mail: ko@ukhin.org.ua

В работе описан опыт организации и проведения горячих ремонтов кладки, в частности горячей перекладки простенков на различную глубину без остановки обогрева. Описаны условия для получения наилучших результатов перекладки простенков горячим методом, а также сформулированы выводы исходя из практики послеремонтной эксплуатации батареи, обеспечивающие продление ее срока службы.

Ключевые слова: коксовая батарея, срок эксплуатации, огнеупорная кладка, ремонт, перекладка простенков, прососы.

\*\*\*\*\*

Сохранность и поддержание в рабочем состоянии печного фонда в настоящее время представляется одной из первостепенных и важнейших задач. Общеизвестно, что срок эксплуатации коксовых батарей в среднем составляет 20-25 лет [1]. В современных условиях целесообразно продление сроков эксплуатации имеющихся мощностей до 35-40 лет и более, так как строительство новых коксовых батарей затрудняется из-за тяжелого финансового положения коксохимических предприятий, значительной стоимости самого объекта, а также обслуживающих его машин и агрегатов. Поэтому в настоящее время вопросы ремонта печного фонда действующих батарей актуальны и все чаще выходят на повестку дня.

Стойкость огнеупорной кладки печных камер главным образом определяется самой конструкцией батарей. Однако нарушения температурного и гидравлического режимов обогрева батарей, циклов выдачи кокса, а также состояние обслуживающего оборудования, машин и механизмов приводят к ее постепенному разрушению\*. Таким образом, со временем техническое состояние коксовых печей неизбежно ухудшается, они изнашиваются и разрушаются. Есть мнение [3], что основная причина ускоренного разрушения простенков на батареях с высотой камер  $\geq 5$  м – сдвиг верха простенка по своду печных камер под действием перерезывающих сил, вызванных давлением расприраия, что приводит к резкому увеличению и перераспределению напряжений в кладке простенка. Другими словами, с увеличением высоты печей закономерно увеличивается давление расприраия, что приводит к ускоренному развитию дефектов огнеупорной кладки обогревательных простенков, вплоть до таких величин, когда дальнейшая эксплуатация батареи становится неосуществимой. Так или иначе, зона вертикалов головочной части наиболее подвержена разрушению, вследствие чего нередко нарушается проектная геометрия камер и газоплотность огнеупорной кладки. Перечисленное может быть причиной тугого хода коксового пирога и видимого повышения дымления трубы. Для продления срока службы постоянно проводятся поддерживающие ремонты различного вида (горячим или холодным методами).

\* В зависимости от условий эксплуатации и высоты батарей дефекты и разрушения головочной части, а затем и полное разрушение отдельных простенков наступает через 18-23 лет эксплуатации [2].

Применение полного охлаждения дает возможность обеспечить проектную перевязку кирпичей на стыке старой и новой кладок, что позволяет продлить срок ремонтируемого участка более чем в 3 раза по сравнению с ремонтом с частичным охлаждением и сплошным вертикальным швом на стыке кладок [4]. Однако, главный недостаток сквозной перекладки холодным методом – снижение прочности динасовых огнеупоров: смежные с перекладываемым простенки очень трудно сохранить от разрушения вследствие модификационных превращений динаса, проходящих при температурах менее 800 °С. Применение при перекладке современных теплоизоляционных материалов на всех этапах ремонта (разборка, чистка, кладка и замена броней) позволяет поддерживать температуру в сохраняемых простенках на уровне 750-850 °С, что предотвращает разрушение смежных печей [4]. Однако в последнее время наиболее эффективным методом ремонта признана горячая перекладка простенка на различную глубину, вплоть до полной его перекладки, поскольку позволяет производить ремонт без остановки обогрева с минимальной потерей производительности.

К 2005 году состояние огнеупорной кладки простенков коксовой батареи № 1-БИС ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ» ухудшилось настолько, что проводимые поддерживающие ремонты методом факельного торкретирования становились все менее результативными.

Разрывы кладки по биндерам, приводящие к заужению кладки камер коксования ниже критических размеров, провалы «столбиков» на крайних и предкрайних вертикалах, многочисленные обширные раковины глубиной более 50 мм привели к необходимости начала горячих ремонтов кладки простенков коксовой батареи № 1-бис.

С февраля 2006 года согласно Порядку организации работ (ПОР), разработанному Государственной коксохимической станцией (в дальнейшем – ДП «ДКХС») силами ООО «Коксохимремонт» (г. Кривой Рог) были начаты ремонты огнеупорной кладки простенков. Это был один из первых опытов таких ремонтов на украинских предприятиях. Ранее специалисты ДП «ДКХС» принимали участие в проведении подобных ремонтов на Визакхапатнамском металлургическом заводе (ВМЗ, Индия) и металлургическом комбинате (г. Дунайварош, Венгрия).

Начальные объемы ремонта определялись исходя из состояния кладки простенков, отопительной системы, целостности биндеров и геометрии простенков. Первый блок простенков от № 172 по № 165 был переложен с февраля по июль 2006 года на различную глубину (максимально 12 вертикалов – простенок № 165 с коксовой стороны).

Уже на начальном этапе работ стало понятно, что проведение ремонтов без замены армирования (броней, венцов) нецелесообразно, так как на тот момент брони находились в эксплуатации 17 лет и уже имели значительный физический износ. Поэтому, начиная с простенков № 166 с коксовой и № 164 с машинной сторон батареи, ремонты велись с заменой броней.

Специалистами ДП «ДКХС», в процессе проведения ремонтов, в ПОР неоднократно вносились дополнения, направленные на совершенствование технологии ремонта, приспособлений, материалов, применяемых при проведении ремонтов, на улучшение условий труда.

Именно на ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ» впервые, был разработан метод замены броней без демонтажа анкерных колонн (нач. пусковых работ ДП «ДКХС» Язловецкий В.К.), что позволило сократить сроки замены броней от 2-3 суток до 6-8 часов. Подробное описание работ приведено в [5]. В последующем этот метод также нашел применение при проведении ремонтов не только на отечественных предприятиях, но и за рубежом.

Так же впервые в практике проведения подобных ремонтов специалистами ДП «ДКХС» были разработаны, а конструкторами ПКО ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ» изготовлены чертежи на так называемые «штрабовые ложки» которые укладывались в стык старой и новой, переложенной кладки. Применение специально изготовленной на Красноармейском динасовом заводе марки в дальнейшем позволило во многом избежать подрывов огнеупорной кладки во время разогрева. В настоящий момент «штрабовые ложки» стали широко использоваться при проведении аналогичных ремонтов на заводах Украины.

Разработана и впервые применена на ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ» практика укладки вдоль перекладываемой части отопительного простенка вентиляционного канала, способствующего улучшению условий труда в зоне ремонта на стыке старой и новой кладки за счет подачи наружного воздуха в зону максимальных температур, т.е. к отсекающей перемычке. При проведении разогрева переложеного участка через вентиляционный канал подают горячий воздух от перемычки к головочным вертикалам, тем самым обеспечивая равномерный разогрев и уменьшая риск образования подрывов кладки. Вентиляционный канал выполняется из шамотного кирпича и имеет два съемных короба у первого головочного вертикала и последнего у распорной перемычки. В процессе кладки короб у распорной перемычки снят, и, наоборот, при разогреве у последнего вертикала закрыт, а у головочного снят. В отсекающей перемычке пробивается окно и горячий воздух по каналу поступает на головку.

Хотя общая методика проведения «горячих» ремонтов уже широко известна, наилучшие результаты достигаются при соблюдении следующих условий:

- для ремонта используется динас высокого качества (Красноармейский динасовый завод);

- ремонт проводится на двух простенках, температура в соседних с ремонтируемыми буферных простенках поддерживается на уровне 900-950 °С;

- ремонт соседнего простенка, очистка и ремонт соответствующих регенераторов начинается только после перевода на постоянный обогрев отремонтированных простенков;

- армирующие устройства обеспечивают передачу кладке проектных нагрузок;

- глубина перекладки должна быть не менее 4-х вертикалов, включая динасовую и шамотную кладку зон перекрытия вертикалов и печей;

- при ремонте отопительного простенка заменяются подовые марки и разрушенные кирпичи нижележащих рядов головочной части косоходной зоны;

- выполняются очистка и, при необходимости, замена насадки, устранение трещин стен регенераторов, при необходимости замена поврежденных дюзовых марок.

Технология ремонта позволяет сохранить огнеупорную кладку простенков и регенераторов, соседних с ремонтируемыми, и эксплуатировать их после проведенного ремонта на запланированных оборотах.

Ремонт 58-ми отопительных простенков (670 вертикалов) на глубину 4-10 вертикалов (простенки №165, 127, 106 переложены на 12 вертикалов с коксовой стороны) был выполнен силами 3-х подрядных организаций ООО «Коксохимремонт» (г. Кривой Рог), ООО «Мактраст» (г. Донецк), ООО «Домнаервис» (г. Кривой Рог) под контролем ДП «ДКХС» с февраля 2006 по декабрь 2013 года с длительными перерывами в 2008-2010 и 2012 гг. Причем последний заключительный этап ремонтов 2013 г проводился ускоренными темпами при работе на двух участках одновременно с машинной и коксовой стороны со смещением.

При проведении ремонтов была осуществлена полная перекладка выстилки верха печей, замена рам загрузочных люков, стоек и колен стоек, анкерных стяжек и узлов армирования.

После окончания разогрева перед вводом печей в эксплуатацию осуществлялась керамическая наплавка стыков старой и новой кладки как силами огнеупорщиков коксового цеха, так и силами специалистов ООО «Индустриальные технологии Украины».

В настоящий момент после ремонта первого участка печей коксовой батареи № 1-бис прошло 9 лет и уже можно сделать ряд практических выводов:

1. Первые отремонтированные простенки отработали более 9 лет и имеют незначительные дефекты огнеупорной кладки. В основном это трещины на трех

крайних сводовых марках, сколы «запечников» и трещины на отдельных кирпичах в районе первых и вторых отопительных каналов. Их появление соответствует сроку эксплуатации обычной коксовой батареи. Появляющиеся раковины на старой кладке, вне зоны ремонта естественны для 26-летнего срока службы батареи.

2. За 9 лет состояние незамененных броней с коксовой стороны ухудшилось, на корпусах броней № 168, 171 с обеих сторон появились трещины, увеличилась степень деформации, что отрицательно сказалось на состоянии кладки простенков, появился тугой ход при выдаче печей и даже случаи бурения кокса.

3. При проведении ремонтов желательнее, чтобы глубина перекладки смежных простенков, особенно с коксовой стороны, была одинаковой, либо с разницей не менее 4-6 вертикалов. Так, на камерах коксования № 152, 166, где простенки с коксовой стороны переложены на глубину 4 и 6 вертикалов, в результате местного перегрева на штрабе, под действием нагрузок от выталкивающей штанги изменилась геометрия простенков и образовалось заужение камеры коксования в двух местах на расстоянии 1 м. Эта деформация огнеупорной кладки простенков вызывает дополнительное сопротивление при выдаче, тугой ход и случаи бурения кокса.

4. Отрицательно сказались на состоянии огнеупорной кладки и длительные перерывы в проведении ремонтов. Так, на простенках № 136, 142, простоявших от одного года до 1,5 лет в ожидании ремонта во время кризиса в 2008-2010 годах произошло разрушение участков старой кладки за зоной ремонта. Камеры № 142, 136 простояли длительное время на ремонтных перемышках, в них поддерживался особый температурный режим, а на эксплуатирующихся смежных простенках № 137 и 143 температуры соответствовали заданным периодам коксования.

Со временем все выше перечисленные моменты оказали свое негативное влияние на состояние кладки отдельных камер коксования.

На технологический режим эксплуатации батареи после ремонта существенное влияние оказывает состояние стыков старой и новой кладки. Наплавка стыков старой и новой кладки, произведенная при пуске печей в эксплуатацию после ремонта, имеет свой срок службы, который, как показывает практика, составляет от двух до 2,5 лет в идеальных условиях. Наплавка штрабы по 6-7-му вертикалам осложнена недостаточной видимостью зоны ремонта из-за большого отскока наплавочной массы, что не позволяет устранить прососы в полном объеме. Каждое последующее нанесение наплавочной массы увеличивает толщину наплавленного слоя, уменьшает ширину камеры в месте стыка старой и новой кладки и создает дополнительное сопротивление ходу коксового пирога. Возникающие по стыкам

прососы сырого газа ведут к местным перегревам, повышению ампеража выдачи и возможному бурению кокса в печах, а как следствие – к деформации простенков.

В 2013 г. силами ГП «УХИН» был проведен анализ состояния технологического оборудования ПАО

«ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ». На тот момент батарея № 1-бис имела изношенную кладку простенков и остальных элементов отопительной системы. Это являлось причиной нарушений при ведении температурного режима коксования, что иллюстрируется температурными данными (см. табл.).

Характеристики температурного режима коксовой батареи № 1-бис

Номера простенков	Температура контрольных вертикалов, °С		Температура крайних вертикалов, °С	
	машинная сторона	коксовая сторона	машинная сторона	коксовая сторона
102-113	1120	1165	932	847
114-125	1110	1183	968	1015
126-137	1149	1217	995	1010
138-151	1193	1195	1056	1021
152-163	1149	1178	1015	1012
164-171	1180	1185	1055	1057
101, 172	1160	1215	1105	1125
	1150	1187	1004	994

Приведенные данные свидетельствуют о затрудненности обеспечения в крайних вертикалах значения температуры не ниже 1100 °С [6] (п. 7.198) и отклонения этих значений температуры от среднего (п. 7.199) не более чем на 50 °С. По КБ 1-бис при среднебатареиной температуре крайнего вертикала 1004 и 994 °С разбег значений по десяткам составил 932-1055 и 847-1057 °С для, соответственно, машинной и коксовой сторон батареи. Отклонение температуры вертикалов от среднего значения составило 43 и 30 °С. На машинной стороне батареи нарушения кладки имелись у 33, а на коксовой стороне – у 30, то есть более чем у 25 % головочных вертикалов.

Величина перепада средних по десяткам значений температур контрольных вертикалов колебалась от 2-5 °С (простенки 138-151 и 164-171) до 68-73 °С (простенки 114-125 и 126-137), что приводило к разной готовности кокса на машинной и коксовой сторонах батареи.

Оценка величины прососов сырого коксового газа велась по методике [7], основанной на анализе содержания кислорода в пробах дымовых газов при включенном и отключенном обогреве батареи. Количество прососов с учетом смолы и сырого бензола составило 6 %. Расчет, проведенный по стандартной методике\*, не учитывающий в прососах смолу и сырой бензол, дал величину прососов 10 %. Это, по нашему мнению, значительная величина, учитывая, что на новой хорошо заграфиченной батарее прососы составляют порядка 2-4 % [8].

В течение 2014 года методом керамической наплавки уплотнено 38 стыков, а за период с начала 2015 года

еще – 22 стыка. В настоящий момент по результатам осмотров камер коксования на 39 стыках старой и новой кладки имеются прососы различной степени, которые также нуждаются в уплотнении методом керамической наплавки.

Прососы по штрабе также отрицательно сказываются на состоянии отопительной системы, так как ведут к забиванию горелок, косых ходов, насадки регенераторов и к дополнительным выбросам на дымовую трубу.

На данный момент нижнее строение батареи отработало более 26 лет на различных периодах коксования (от 16 до 120 ч) без капитального ремонта. За это время на стенах дюзовых каналов образовались многочисленные трещины, ведущие к прососам и горению отопительного газа в регенераторах и подовых каналах. В результате дефектов кладки в косоходной зоне имеет место интенсивное заграфичивание горелок и косых ходов отопительной системы. Это ведет к ухудшению обогрева на отдельных участках простенков, к горению газа в регенераторах, к дополнительным прососам на дымовой трубе.

Для устранения этих дефектов кладки постоянно проводятся работы по торкретированию и очистке дюзовых каналов.

Распределение необходимых объемов воздуха и отопительного газа (на восходящем потоке) и продуктов сгорания (на нисходящем потоке) по длине подового канала, регенераторам и отопительным каналам обогревательных простенков обеспечивается поддержанием требуемого гидравлического режима по разрежению в подовых каналах. Регулирование распределения отопительного газа по отопительным каналам и управление факелом горения осуществляют посредством регу-

\* Инструкция по регулированию обогрева коксовых печей. № 38-83 ИП. – Харьков, 1983.

лировочных устройств в отопительной арматуре и выборе рационального коэффициента избытка воздуха.

В настоящий момент есть определенные сложности с соблюдением гидравлического режима, так как при проведении ремонтов насадка регенераторов менялась лишь в первых двух секциях, в остальных секциях только проверялась чистота. Наднасадочное пространство после ремонтов на первых шести вертикалах стало не секционным, а общим для 6-ти вертикалов, в отличии от оставшихся вне ремонта секций. Это ведет к увеличению объемов работ по продувке насадки и к необходимости чистки подовых каналов, что требует дополнительных усилий персонала и времени.

В результате длительной эксплуатации и горения отопительного газа в подовых каналах патрубки газовоздушных клапанов (ГВК) имеют деформацию, трещины корпуса до 10 мм шириной. На ряде ГВК деформирована разделительная перегородка, не работают регулировочные дроссели («бабочки»), что также приводит к нарушению гидравлического режима. Горение в ГВК вызывает деформацию корпуса, преждевременный износ элементов газовоздушных клапанов (тарелок, пластин) и, как следствие – нарушение режима обогрева.

С учетом имеющихся разрушений рекомендуемый\* период коксования для КБ 1-бис должен составлять 22-24 ч. (\* Инструкция з розрахунку виробничої потужності коксохімічних підприємств (затверджено наказом ГБО «УКРКОКС» №6 від 11.03.2014 р. – 91 с.).

#### Выводы

За счет уменьшения потребности в огнеупорах, материалах и оборудовании при «горячем» ремонте по сравнению с «холодным» достигается больший экономический эффект. В зависимости от объема ремонта стоимость «горячего» ремонта составляет 30-40 % от стоимости аналогичного «холодного» ремонта. На данном этапе, учитывая все реалии сегодняшнего дня, «горячие» ремонты кладки являются перспективным решением и позволяют продлить срок эксплуатации

батарей до 10-15 лет при строгом соблюдении правил ПТЭ и высоком уровне эксплуатационной дисциплины.

#### Библиографический список

1. Лгалов К.И. Ремонт кладки и армирующего оборудования коксовых печей. / К.И. Лгалов, С.И. Кафтан, Г.М. Вольфовский. – М.: «Металлургия», 1966. – 328 с.
2. Сухоруков В.И. Основные проблемы сохранности коксового печного фонда. / В.И. Сухоруков, В.И. Швецов, С.Г. Стахеев // Кокс и Химия. – 2006. – №3. – С. 26-36.
3. Швецов В.И. Опыт эксплуатации современных коксовых батарей и обеспечение сохранности коксового печного фонда. 1. Проблемы эксплуатации и сохранности коксового печного фонда. / В.И. Швецов, В.И. Сухоруков // Кокс и Химия. – 2011. – №1. – С. 9-18.
4. Швецов В.И. Проблемы эксплуатации и сохранности коксового печного фонда в условиях экономического кризиса. 1. Состояние печного фонда и меры по его стабилизации. / В.И. Швецов, В.И. Сухоруков // Кокс и Химия. – 2010. – № 2. – С. 22-32.
5. Басий Ю.А. Капитальный ремонт отопительных простенков коксовой батареи № 1-БИС ОАО «ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКИЙ КХЗ» с заменой брони без демонтажа верхней части армирующей колонны. / Ю.А. Басий, В.А. Лижанков, В.В. Онищенко, С.А. Бажан // Углехимический журнал. – 2010. – № 5-6. – С.14-19.
6. Правила технической эксплуатации коксохимических предприятий. – Харьков: Гипрококс, 2001. – 309 с.
7. Фидчунов А.Л. О методике оценки прососов сырого коксового газа в отопительную систему коксовых печей. / А.Л. Фидчунов, И.В. Шульга, Ю.С. Васильев, Н.С. Кириенко // Углехимический журнал. – 2007. – № 6. – С. 20-26.
8. Вольфовский Г.М. Газовики коксовых печей / Г.М. Вольфовский, Л.И. Мироненко, А.А. Кауфман. – М.: Металлургия, 1989. – 192 с.

Рукопись поступила в редакцию 02.09.2015

#### THE FEATURES OF OPERATION OF THE COKE OVEN BATTERY NUMBER 1 BIS AFTER OVERHAUL

© Basiy U.A., Dovgan I.A., Kopylov S.A., Zhuravel G.N. (PJSC "EVRAZ Dniprodzerzhynsky Coke-Chemical Plant"), Fidchunov A.L., PhD in technical sciences, Shulga I.V., PhD in technical sciences (SE "UKHIN")

*The paper describes the experience of organizing and performing of the hot repair of masonry, in particular – of the hot-relaying heating walls at different depths without stopping of the heating. The conditions has been described for best results of heating walls relaying by hot method. Besides that, based on the practice of post-repair battery exploitation the conclusions has been drawn about the extension of its service life.*

Keywords: coke battery, lifespan, refractory masonry, repair, resurfacing of heating walls, leakage.

