

испарения (за счёт тепла отходящих газов) влаги из шелока перед его поступлением в топку.

Модернизация выпарных станций с установкой концентраторов позволяет исключить каскадный испаритель из технологической схемы, что практически устраняет выбросы сероводорода, но при этом необходимо произвести реконструкцию экономайзеров котлов для более глубокого использования тепла дымовых газов. Но самым эффективным способом очистки дымовых газов от содержащихся в них высокодисперсной пыли все-таки остаётся СРК с применением электрофильтров.

Библиографический список

1. Губарева В. В. Некоторые экологические аспекты утилизации вторичных ресурсов / Губарева В. В. // Рациональное природопользование как фактор устойчивого развития: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. - С. 186 – 192.

2. Тихомирова Т.И., Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии/ Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. - Ч. 1. - С. 135-137

3. Смородин С.Н., Содорегенерационные котлоагрегаты: учебное пособие. / Смородин С.Н., Иванов А.Н., Белоусов В.Н. - СПб., 2010. - 164 с.

УДК 662.613.1

**Васильченко Ю.В., канд. техн. наук, доц.,
Винников М.В., маг.
(БГТУ им. В.Г.Шухова, г. Белгород, Россия)**

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ЗОЛЫ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ И БУРЫХ УГЛЕЙ

Высокая влажность и атмосферная нестойкость этих топлив делают их практически нетранспортабельными., поэтому одним из основных направлений их использования является комплексная энерготехнологическая переработка (различные варианты термического воздействия с получением газообразных, жидких и твёрдых продуктов).

Ключевые слова: горючие сланцы, теплообменник, котел-утилизатор, поверхность нагрева, коэффициент теплоотдачи, выпускное устройство, золотые отложения, температура плавкости, сульфатизация.

Покрытие дефицита в нефти и природном газе в нашей стране будет осуществляться за счёт использования твердых топлив, в частности горючих сланцев. Для восполнения потребности в энергетическом топливе на Северо-

Западе нашей страны и в Поволжье ведутся работы по эффективному использованию горючих сланцев. В таблицах 1 и 2 приведены технические характеристики и химический состав твёрдого топлива [1].

Таблица 1 - Характеристика эстонских сланцев

Величина	Сухая масса	Рабочая масса
Влажность - W^P , %	-	13,0
Зольность - A , %	48,0	40,0
Карбонатная углекислота - CO_2 , %	16,5	14,4
Теплота сгорания при $K_{CO_2} = 1 - Q_{H_2}^P$, МДж/кг	12,9	10,9
Элементарный состав, %		
Углерод С	27,7	24,1
Водород Н	3,6	3,1
Азот N	0,1	0,1
Кислород О	4,3	3,7
Органическая сера $S_{орг}$	0,3	0,3
Колчеданная сера S_k	1,5	1,3

Таблица 2 - Характеристика углей Канско-Ачинского бассейна

Месторождение	W^P , %	A^C , %	V^r , %	$S_{об}^r$, %	C^r , %	H^r , %	N^r , %	O^r , %	$Q_{H_2}^P$, МДж/кг
Боготельское	44	12,0	49	0,8	69,4	4,9	0,8	23,3	11,8
Соболевское	40	10,4	48	0,3	69,3	4,9	1,1	24,2	13,2
Итатское	40	11,7	48	0,7	70,0	4,9	0,7	23,6	13,1
Назаровское	39	12,0	48	0,7	70,0	4,8	0,8	23,6	13,0
Бараждатское	36	8,1	48	0,3	71,5	4,9	0,7	22,5	14,9
Берёзовское	33	7,0	48	0,3	71,5	4,9	0,8	22,5	15,7
Абайское	33	12,0	48	0,6	72,0	5,0	1,0	21,8	15,1
Бородинское	32	8,7	48	0,3	71,5	5,0	1,0	22,3	15,7
Переяславское	28	11,3	48	0,4	73,3	5,2	1,2	19,8	17,6

Из таблиц видно, что теплота сгорания этих топлив невысокая, вследствие чего наиболее оправданным является сжигание их в котлах крупных электростанций, расположенных в непосредственной близости от добычи топлива.

Однако при эксплуатации котлов возникают сложные проблемы, обусловленные загрязнениями труб плотными трудноудаляемыми золовыми отложениями и высокотемпературной коррозией труб, поверхностей нагрева. Помимо недостаточной надёжности котлов работающих на Канско-Ачинских бурых углях и горючих сланцах, наблюдается существенное уменьшение их паропроизводительности, нередко до 60...70 % от проектной величины [1].

Несмотря на большие отличия в элементарных составах топлива и количестве минеральных примесей, содержащихся в бурых углях и горючих сланцах, проблема загрязнений труб золовыми отложениями при их сжигании имеет много общего, поскольку интенсивность загрязнений для этих топлив определяется высоким содержанием в них кальция, а также щелочных металлов. Подобного минерального и химического состава неорганической части не имеют другие твёрдые топлива.

Загрязнение поверхностей нагрева золовыми отложениями является сложным физико-химическим процессом, зависящим от многих факторов, в том числе от состава топлива, температуры газов в районе поверхностей нагрева, температуры стенки трубы, скорости газового потока, условий обтекания трубы, фракционного состава летучей золы, условий очистки поверхностей нагрева.

При этом характер загрязнений и причины, вызывающие появление золовых отложений на трубах для радиационных и конвективных поверхностей нагрева, а также высокотемпературных и низкотемпературных конвективных поверхностей нагрева неодинаковы. Очевидно решающее влияние на процесс формирования загрязнений труб в котле оказывают многообразные превращения минеральной части сланцев и бурых углей, протекающие на различных температурных уровнях по ходу газов.

Загрязнение экранных поверхностей нагрева топочных камер котлов, предназначенных для сжигания горючих сланцев и бурых углей, характеризуются преимущественно связанно-шлаковыми отложениями, которые образуются на поверхности труб при наличии жидких или пластических фракций золы и плака. Существование в топке котла частиц золы в жидком или пластическом состоянии объясняется свойствами золы и, в частности, низкими температурами плавкости золы. Было установлено, что характерные температуры плавкости золы зависят от содержания в ней окиси кальция, причём для горючих сланцев эти температуры минимальны при 25...35 % окиси кальция в золе, а для бурых углей Канско-Ачинского бассейна минимум температур наблюдается при зольности по сухой массе топлива, равной 7...17% [1].

По толщине отложения на экранных трубах, как правило, состоят из трёх слоёв: подслоя, плотного слоя и внешнего рыхлого слоя. Благодаря такому строению загрязнений их полное удаление путём стационарной обдувки затруднено.

Из конвективных поверхностей нагрева наиболее интенсивно загрязняются золовыми отложениями пароперегреватели и водяные экономайзеры, эксплуатирующиеся при высоких температурах газов. Как для Канско-Ачинских углей, так и для горючих сланцев первоначальное связывание золы с металлом труб объясняется сульфатизацией частиц золы и их прилипанием к поверхности металла. Так как в золе указанных топлив содержится свободная окись кальция, процесс сульфатизации частиц летучей золы на поверхности нагрева происходит быстро в отличие от других топлив, в золе которых содержатся только соединения, содержащие кальций, и поэтому сульфатизация сильно замедляется.

При сжигании горючих сланцев кроме процесса сульфатизации, на образование загрязнений на трубах, активное влияние оказывают щелочные соединения и прежде всего хлористый калий и сульфат калия. Интенсивная конденсация их паров на поверхности приводит к быстрому связыванию отложившихся на трубах частиц золы. Необходимо также подчеркнуть, что хлористый калий одновременно действует на поверхности нагрева и способствует коррозии. Что в свою очередь, способствует дополнительному поверхностному связыванию отложений с металлом. Установлено, что весьма заметно ускоряют коррозию стали, имеющие двойные сульфаты (натрий-алюминий, калий-алюминий). На прочный слой отложений золы, примыкающий к металлу труб, оседают с течением времени другие уносы, в результате чего величина отложений становится недопустимой.

Низкотемпературные конвективные поверхности нагрева, к которым относятся нижние ступени водяного экономайзера и воздухоподогреватели [2], также подвержены загрязнению золовыми отложениями. В основном они непрочные, рыхлые и легко сдуваются в процессе обдувки. Вместе с тем при эксплуатации трубчатых воздухоподогревателей котлов для горючих сланцев возникают проблемы забивания их прочными отложениями золы, при попадании воды и абразивный унос входных участков труб.

Энерготехнологическая линия (рисунок 1) переработки мелкозернистого сланца должна включать золовый теплообменник, использование которого повышает эффективность установки как за счёт утилизации теплоты золы, так в связи с улучшением условий протекания технологических процессов, поскольку вместо холодного подаётся горячий воздух.

Принципиальные особенности предлагаемого золового теплообменника заключаются в том, что он имеет вертикальную компоновку, так как лучше всего зола движется сверху вниз при вертикальной ориентации поверхности нагрева; цилиндрический корпус, являющийся одновременно несущим корпусом и воздухоперепускными коробами, внутри которых располагается, по всей высоте, поверхность нагрева, а сверху и снизу к цилиндру присоединены корпуса - один из них предназначен для раздачи золы (верхний), а другой - для выхода золы (нижний).

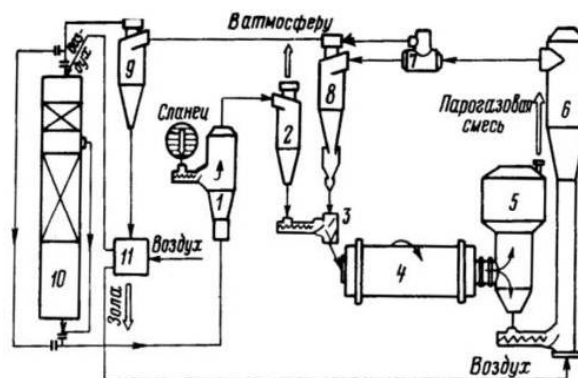


Рис.1 - Технологическая схема термической переработки сланца в агрегате У1Г-3000: 1 – аэрофонтанная сушилка; 2 – циклон сухого сланца; 3 – смеситель; 4 – барабанный реактор; 5 – пылевая камера; 6 – технологическая топка; 7 – байпас; 8 – циклон теплоносителя; 9 – зольный циклон; 10 – котел-утилизатор; 11 – зольный теплообменник

Поверхность нагрева в сечении представляет собой квадрат, стороны которого равномерно укреплены трубами, в связи с чем каждый последующий ряд развёрнут относительно предыдущего на 90°. По этой причине воздухоперепускные короба имеют разделение в вертикальной плоскости по диагонали квадратного сечения. Внутри цилиндрических воздухоперепускных коробов, относящихся к основному потоку воздуха, встроены воздухоперепускные короба малого потока.

Определённые сложности в конструкции зольного теплообменника вызвало требование о нагревании в нём двух потоков воздуха, сильно различающиеся по расходам и давлениям. Обоснованным решением этой проблемы при размещении труб поверхностей нагрева в опускной шахте квадратного сечения, следует считать выделение части поверхности для нагревания малого потока воздуха (15000 м³/ч и 0,12 МПа) по всей высоте теплообменника. Благодаря выходам труб, по которым направляется воздух за пределы шахты, оказалось достаточно замкнуть воздухоперепускными коробами определённое из общего количества рядов труб: пропорционально расходу воздуха этого потока. Остальные ряды труб отнесены к основному потоку. Горизонтальное сечение теплообменника с делением труб на потоки показано на рисунке 2.

Замена существующего выпускного устройства - бункера, блоком шнеков позволяет улучшить организованный выход золы из теплообменника.

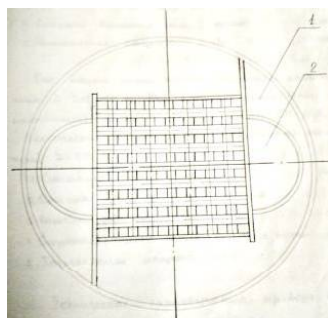


Рис. 2 - Организация движения воздуха в зольном теплообменнике ЗТ-3000.
1 - основной поток воздуха; 2 - малый поток воздуха

Библиографический список

1. Процессы в парогенераторах при сжигании сланцев и канско-ачинских углей / А. А. Отс. - Москва : Энергия. - 1977. - 312 с.
2. Добряков Т.С., Воздухоподогреватели котельных установок. / Добряков Т.С., Мигай В.К., Назаренко В.С. - Л.: Энергия. - 1977. - 183 с.

УДК 676.273.3

Дидиков А.Е. канд. техн. наук, доц.,
Мармулёва И.А.
(НИУ ИТМО г. Санкт-Петербург, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

Современные предприятия, в ходе своей деятельности оказывают негативное влияние на окружающую среду. В процессе производства происходит загрязнение водных объектов, почвы и воздуха. Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из наиболее водоемких отраслей народного хозяйства. Предприятия по производству бумаги и картона, в ходе своей деятельности, образуют огромное количество сточных вод, температура которых зачастую достигает 40-50 С. Воду с такой высокой температурой на выходе, можно в дальнейшем рационально использовать для нужд предприятия.

Ключевые слова: сточные воды, окружающая среда, целлюлозно-бумажная промышленность, тепловой насос.

На современном этапе взаимодействия человека с окружающей средой рациональное использование природных ресурсов представляет