

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СЖИГАНИЯ ПЫЛИ
НАЗАРОВСКОГО УГЛЯ В ОПЫТНОЙ УСТАНОВКЕ
НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБРАЗОВАНИЯ
СВЯЗАННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Е. А. МОСИН, Г. Н. ЗАКОУРЦЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры котлостроения
и котельных установок)

Сжигание углей Канско-Ачинского буроугольного бассейна и, в частности, Назаровского месторождения в топках паровых котлов связано с эксплуатационными трудностями, выявленными при освоении энергетических блоков мощностью 150 тыс.квт. на Назаровской ГРЭС.

В котлах ПК-38 при расчетных нагрузках наблюдается интенсивный занос конвективных поверхностей нагрева и образование на них связанных золовых отложений, резко ограничивающих производительность котлоагрегатов в первоначальном их исполнении (до 60% от номинальной).

На основании ряда наладочных испытаний, экспериментальных сжиганий назаровского угля в топочных устройствах различного типа (топки с сухим и жидким шлакоудалением, циклонные топки и др.) было высказано предположение, что сжигание пыли назаровского угля в высокоинтенсифицированных топочных устройствах при высокотемпературной обработке золовой частицы и интенсивном подводе окислителя способствует предотвращению образования связанных отложений [1].

В настоящее время имеются достаточно подробные данные о структуре связанных отложений и развитии процесса образования их во времени, зависимости интенсивности образования отложений и некоторых их свойств от температуры газов в месте образования отложений и от скорости газов [1]. Влияние же таких важных факторов, как температура сжигания пыли, коэффициент избытка воздуха в топке или степень смесеобразования аэросмеси, влажности и других факторов, определяющих условия сжигания топлива, установить на основании данных промышленных испытаний даже с грубым приближением не удастся, так как возможность изменять или хотя бы выдерживать постоянными по сечению вышеперечисленные параметры отсутствует, а выявить закономерности на основе сопоставления опытов на различных промышленных установках не представляется возможным. Этого не позволяет сделать низкая точность результатов промышленных испытаний, а также отсутствие надежного критерия для оценки величины отклонения полученных данных от генеральной средней данного фактора при каждом опыте. Приблизиться к выполнению этих требований можно, используя экспериментальную стендовую установку. В такой установке, имеющей

небольшое поперечное сечение топочной камеры, возможно выдержать параметры сжигания пыли в определенных пределах и связать их с параметрами образования связанных отложений.

Общая схема экспериментальной стендовой установки приведена на рис. 1. Основное назначение ее — изучение процесса образования связанных отложений на металлических зондах с регулируемой темпе-

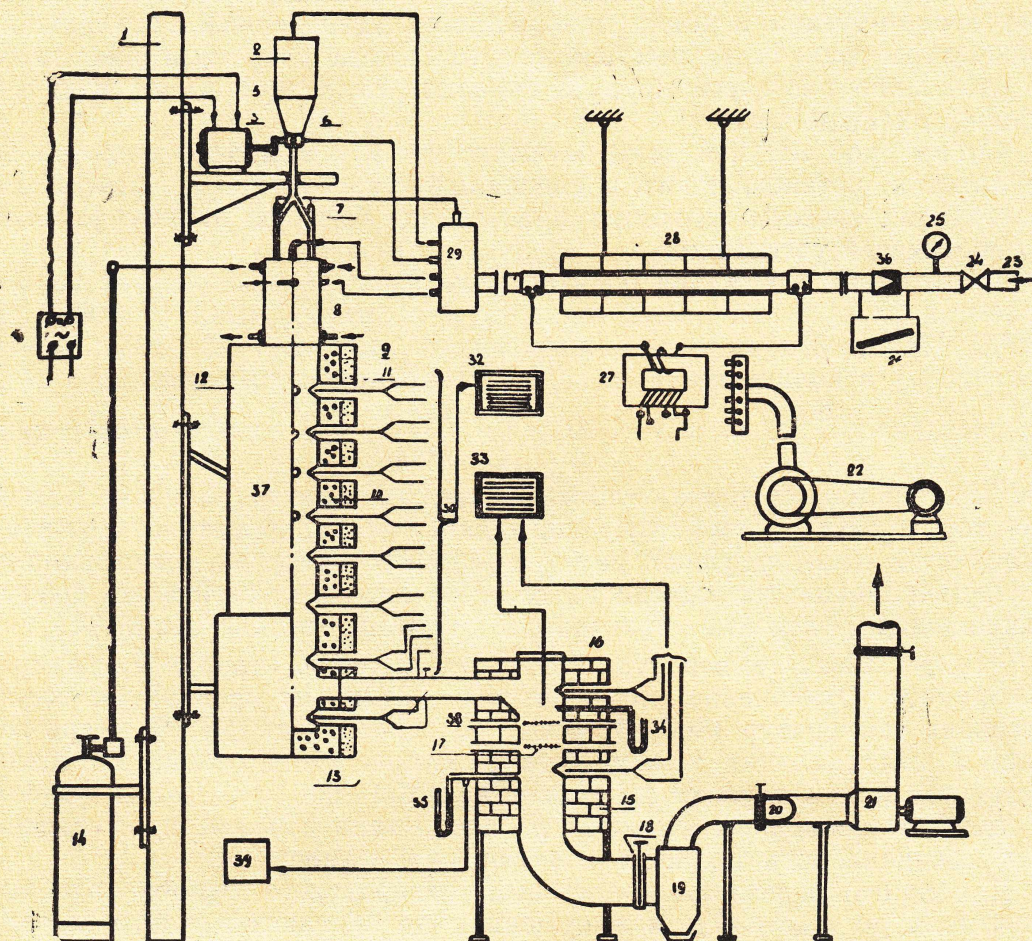


Рис. 1. Общая схема установки.

1 — несущий каркас, 2 — пылевой бункер, 3 — двигатель пылепитателя, 4 — селеновый выпрямитель, 5 — редуктор, 6 — барабанный пылепитатель, 7 — пылепровод, 8 — горелка, 9 — топочная камера, 10 — слой шамотобетона, 11 — асбестовая крошка, 12 — наружная обшивка, 13 — переход в конвективную шахту, 14 — баллон с пропан-бутановой смесью, 15 — каркас конвективной шахты, 16 — шамотная кладка, 17 — зонды, 18 — шибер, 19 — пылесборник, 20 — стеклотканевый фильтр, 21 — дымосос, 22 — дутьевой вентилятор, 23 — линия подачи сжатого воздуха, 24 — запорный клапан, 25 — манометр, 26 — расходомер, 27 — силовой трансформатор, 28 — электрический воздухоподогреватель, 29 — распределительный коллектор горячего воздуха, 30 — термометры, 31 — отбор уходящих газов на анализ, 32—33 — электронный потенциометр, 34—35 — микроманометры, 36 — расходомерное устройство, 37—38 — гляделки, 39 — газоанализатор

ратурой стенки. Установка рассчитана на сжигание 1—8 кг угольной пыли в час и представляет собой две последовательно включенные по ходу газов части — топочную камеру и конвективную шахту, оборудованные вспомогательными системами подачи пыли, горячего воздуха,

контроля и измерений рабочих параметров, очистки и удаления дымовых газов.

Для предварительного разогрева объема топочной камеры до рабочей температуры в тракте первичного воздуха горелки тангенциально установлены два сопла, через которые в топку подается пропан-бутановая смесь. По достижении рабочих температур производится постепенный перевод установки на сжигание пылевоздушной смеси, а подача пропан-бутана в топку прекращается. Дальнейшее поддержание температуры факела осуществляется только за счет сжигания пыли. Во избежание разогрева корпуса горелки последний имеет водяную рубашку охлаждения.

Отбор проб летучей золы осуществляется с помощью фильтра из стеклоткани, установленного в специальной кассете перед дымососом. Конструкция кассеты позволяет производить быструю замену фильтра на работающей установке.

Наладочные испытания показали возможность равномерной термообработки золы в интервале температур сжигания пыли от 900°C до 1500°C. При сжигании пыли назаровского угля ($A^p = 8-10\%$; $W^p = 0 \div 0,5\%$) в количестве 1—6 кг/час теплонапряжение топочного объема составило $\frac{B \cdot Q_n^p}{V_T} = (0,3-1,92) \times 10^6 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \text{час}}$, что соответствует дан-

ным для циклонных топок и топок с жидким шлакоудалением. Благодаря горелочному устройству, способному регулировать содержание компонентов пылевоздушной смеси в широких пределах, интенсивному ее перемешиванию на выходе из горелки, получен устойчивый факел, позволяющий получить практически полный выжиг пыли ($A_{\text{ун}}^p = 0 \div 0,5\%$). Поле температур газов по сечению топочной камеры равномерное. Отклонение температуры потока от средней по всему интервалу температур (800—1500°C) не превышает $\pm 1,0\%$. Ядро горения и максимальная температура сжигания пыли обычно отстояли от опорной плиты горелки на расстоянии 200—600 мм. Длина факела на самых напряженных режимах не превышала 850 мм, т. е. горение пыли заканчивалось полностью в топочной камере.

Для сжигания использовалась пыль назаровского бурого угля, измельченная до $R_{90} = 35\%$ и высушенная до абсолютно сухого состояния $W^p = 0,5\%$.

Сжигание угольной пыли осуществлялось при различных режимах (см. табл. 1). В качестве режимного фактора была выбрана температура сжигания пыли, т. е. максимальная температура в топочной камере. Как следует из таблицы, изменение температуры сжигания пыли охватывает диапазон от 900°C до 1450°C, коэффициент избытка воздуха на выходе из топки изменялся в пределах 1,05—1,48, а температура стенок зондов для сбора отложений регулировалась в пределах от 450°C до температуры, равной температуре газов в месте образования отложений. Во избежание трудно учитываемых местных присосов установка в течение всего времени проведения эксперимента работала под небольшим наддувом. Длительность каждого сжигания без учета времени, затрачиваемого на подготовительные операции, составляла 4—5 часов. Анализ дымовых газов на содержание в них CO, O₂ и N₂ выполнялся на газовом хроматографе ХЛ-3 с предварительным определением CO₂ на газоанализаторе ВТИ-2.

В результате сжигания пыли назаровского угля в стендовой экспериментальной установке получены золовые отложения. Отложения возникали на различных участках газотока и поверхностях независимо от материала стенки. По внешнему виду, прочности и химиче-

скому составу они подразделялись на два типа — связанные и сыпучие. Под сыпучими отложениями понимались такие, которые можно было удалить с поверхности зонда струей сжатого воздуха, исходящего из сопла со скоростью 40 м/сек. Отложения, оставшиеся на стенке зонда после такой обдувки, принимались за связанные. Цвет менялся от светло-бурого до темно-бурого в зависимости от температуры сжигания и местной температуры газов. Связанные отложения имели всегда более темный оттенок, чем сыпучие.

Таблица 1

№ п. п.	Температура сжигания °С	Температура газов в месте образования отложений °С	Температура стенки зондов °С	α_T	Общее количество отложений г/опыт	
					связанные	сыпучие
1	900—1000	850—900	650—850	1,48	19	41
2	1050—1150	850—920	600—800	1,26	25	38
3	1200	850—1050	500—900	1,05	39	35
4	1200—1250	850—1130	650—1000	1,14	44	35
5	1250—1340	850—1000	60—950	1,18	55	34
6	1400—1450	850—1100	450—1000	1,2	8	34

Эксперименты подтвердили наличие предполагавшейся ранее зависимости интенсивности образования связанных отложений от температуры сжигания пыли назаровского угля [1]. Такая зависимость, построенная по результатам экспериментального сжигания пыли на стендовой установке, изображена на рис. 2. Количество сыпучих отложений, как показывает рис. 2, изменяется слабо, несколько уменьшаясь с повышением температуры, в то время как связанные отложения имеют явно выраженный максимум в области температур сжигания, равных 1250—1300°С. При температурах сжигания выше 1300°С количество связанных отложений резко падало, а при температурах выше 1400°С появлялись только сыпучие отложения. При уменьшении температуры сжигания от 1100°С до 900°С интенсивность образования связанных отложений постепенно падает, однако даже при такой температуре сжигания процесс образования связанных отложений идет достаточно интенсивно.

С уменьшением температуры сжигания перемещалась и область образования связанных отложений. Отложения обычно возникали на тех элементах стендовой установки, где температура газов была не менее 850°С.

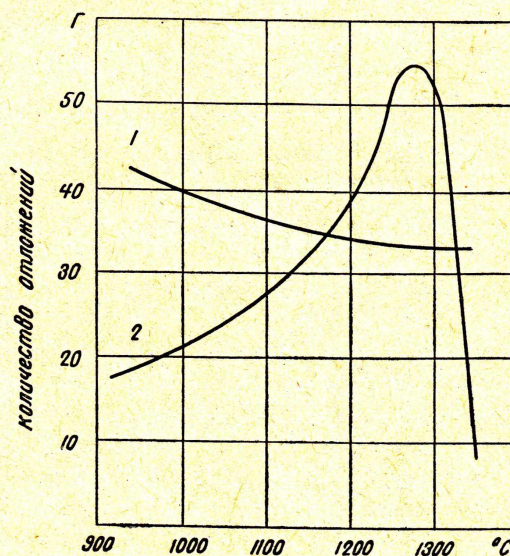


Рис. 2. Зависимость интенсивности образования связанных отложений от температуры сжигания.
1 — сыпучие отложения;
2 — связанные отложения

Несколько иное влияние оказывает температура поверхности, на которой образуются отложения. Эта температура слабо влияет на интенсивность образования связанных отложений. Отложения возникают при любой температуре стенки исследованного нами интервала (450—490°C). Однако наши исследования подтверждают полученные ранее данные [1, 2], свидетельствующие о том, что температура стенки может определять микроструктуру или фракционный состав отложений. Так, на зондах, имеющих температуру стенки 450—550°C, образовывался мелкозернистый первый слой связанных отложений с размером зерен менее 0,02 мм, а на зондах с температурой стенки 800—900°C большая часть отложений была грубозернистой (0,1—0,2 мм). Температура стенки влияет и на скорость роста связанных отложений. На зондах с более высокой температурой стенки отложения растут значительно быстрее, чем на «холодных» $t_{ст}=50^\circ\text{C}$.

Возникновение связанных отложений не зависело от материала стенки. Связанные отложения наблюдались на зондах, выполненных из нержавеющей стали, керамических чехлах для термпар, газозаборных трубках и на стенках корундовой трубы, соединяющей топочную камеру и конвективную шахту. При температурах сжигания 900—1000°C гребни отложений возникали на опорной плите горелки и стенках топочной камеры.

Химический состав связанных отложений не являлся постоянным [4]. Содержание компонентов определяется условиями сжигания, температурой и составом газов по газоходу. Однако сравнение химического состава связанных отложений, полученных на экспериментальной установке с пробами отложений из промышленных котлоагрегатов, пересчитанных на бессульфатную массу, показывает большое их сходство (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

№ п.п.	Вид отложений	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Дан- ные
1	Гребни с ширмового пароперегревателя	35,8	14,5	9,8	35,9	4,5	[1]
2	Гребни с промпароперегревателя II ст.	39,1	13,6	10,6	33,5	4,0	[1]
3	Отложения на ширмах, верхний слой	32,8	12,5	9,7	39,3	4,7	[3]
4	Отложения, стендовая установка	36,2	12,7	8,2	37,6	3,5	
5	Отложения, стендовая установка	29,6	15,0	11,9	39,3	4,6	
6	Топливо, сжигаемое на установке	30,0	15,3	10,2	42,2	2,3	

Таким образом, экспериментальное сжигание пыли назаровского угля позволило получить связанные отложения на поверхностях конвективного газохода стендовой установки. Изучение свойств этих отложений и влияние, оказываемое на интенсивность их образования температурой сжигания, позволило подтвердить сделанный ранее вывод [1] о необходимости сжигания пыли назаровского угля при температурах $t_{сж} \geq 1400^\circ\text{C}$.

Выводы

1. Изучение связанных отложений, образующихся на конвективных поверхностях нагрева при сжигании назаровского бурого угля в топочных устройствах различного типа, позволило сделать вывод о наличии взаимосвязи между интенсивностью образования отложений и условиями сжигания пыли. Установить эту взаимосвязь, используя результаты наладочных испытаний котлоагрегатов различного типа, весьма затруднительно ввиду низкой точности и громоздкости промышленных экспериментов.

2. Экспериментальная установка, моделируя процесс сжигания пыли и условия образования отложений, позволяет выдерживать условия эксперимента в определенных пределах и оценить их отклонение от заданной средней величины с достаточной точностью.

3. Установка рассчитана на сжигание пыли назаровского угля в пределах 1—8 кг/час. Горелочное устройство способно регулировать содержание компонентов пылевоздушной смеси в широких пределах и интенсивно их перемешивать. Получен устойчивый в пределах изменения температуры сжигания пыли $t_{сж}=800—1500^{\circ}\text{C}$ пылеугольный факел.

4. В результате экспериментального сжигания пыли назаровского бурового угля в стендовой установке на зондах, имитирующих поверхности нагрева, и на стенах газохода были получены отложения как сыпучие, так и связанные. Отложения по химическому и минералогическому составу подобны промышленным образцам. Прочность отложений и их дисперсный состав определяются временем пребывания их в конвективном газоходе, температурами газов и стенок участка газохода, на котором образуются отложения.

5. Эксперименты, проведенные на стендовой установке, подтвердили наличие взаимосвязи между температурой сжигания пыли назаровского угля и интенсивностью образования связанных отложений. Максимум образования последних соответствует интервалу температур сжигания $t_{сж}=1250—1300^{\circ}\text{C}$. Интенсивность образования отложений повышается от $t_{сж}=900^{\circ}\text{C}$ до $t_{сж}=1300^{\circ}\text{C}$ вдвое, а затем резко падает. Таким образом, наиболее безопасным с точки зрения загрязнения конвективных поверхностей нагрева при сжигании пыли назаровского угля можно считать температуры сжигания $t_{сж} \geq 1400^{\circ}\text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы научно-технического совещания по сжиганию канско-ачинских углей. Красноярск, 1967.
2. И. П. Эпик. Влияние минеральной части сланцев на условия работы котлоагрегатов. Таллин, 1961.
3. Экспериментальное исследование образования золowych отложений при сжигании назаровского угля. Технический отчет ВТИ-КТО. Авт. Э. П. Дик, Р. А. Сироха, 1966.
4. Е. А. Мосин, Г. Н. Закоурцев. Связь физико-химических превращений в минеральной массе назаровского угля с процессом образования связанных отложений (настоящий сборник).