

БЕЛОРУССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМ. И. В. СТАЛИНА

Аспирант В. Д. ДУНСКИЙ

На правах рукописи

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТОРФЯНЫХ ШЛАКОВ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ
ЖИДКОГО ШЛАКОУДАЛЕНИЯ
В ЦИКЛОННЫХ ТОПКАХ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

*Научный руководитель—заслуженный деятель науки
и техники БССР, доктор технических наук,
профессор Э. Х. ОДЕЛЬСКИЙ*

МИНСК, 1960 г.

Работа выполнена в Институте энергетики
Академии наук БССР

164876
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Директивами XXI съезда КПСС предусмотрена коренная перестройка топливного баланса народного хозяйства в направлении преимущественного развития добычи и потребления наиболее экономичных видов топлива — нефти и газа. Однако для ряда экономических районов местные виды топлива попрежнему будут составлять важную статью топливного баланса.

Для Белорусской ССР, несмотря на значительный рост потребления нефти и природного газа, на ближайшее семилетие основным энергетическим топливом остается торф (в основном фрезерный), добыча которого возрастет до 15 миллионов тонн. Поэтому вопросы наиболее рационального использования торфа остаются весьма актуальными.

Одним из путей повышения эффективности использования фрезерного торфа является сжигание его в установках, требующих применения жидкого шлакоудаления. К таким установкам можно отнести высоконапряженные циклонные топki и топki с насадками, камеры для внедоменной выплавки металлов по энерготехнологической схеме и т. д. Жидкое шлакоудаление также открывает возможности полезного использования топливного шлака, в частности, для производства на основе торфяного шлака вяжущих материалов.

Текущий по стенам топочной камеры шлак оказывает существенное влияние на работу топочного устройства. Проектирование и эксплуатация топочных устройств с жидким шлакоудалением невозможны без знания основных характеристик текучести торфяного шлака. В технической литературе надежные данные по

основным физико-химическим свойствам торфяных шлаков отсутствуют.

В связи с этим в диссертации исследована роль слоя шлака для работы циклонных топков и характер изменения слоя в зависимости от режимных факторов работы топки и качества шлака, а также экспериментально установлены основные расчетные характеристики текучести шлаков торфов различных месторождений.

2. ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СЛОЯ И ВЯЗКОСТИ ЖИДКОЙ ПЛЕНКИ ШЛАКА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦИКЛОННОЙ ТОПКЕ

Роль теплоизоляционного слоя, покрывающего внутреннюю поверхность циклонной топки и состоящего в основном из шлака, состоит в следующем:

а) создаются благоприятные условия для воспламенения и высокотемпературного горения топлива в связи с изоляцией полости топки от холодных поверхностей нагрева и аккумуляцией слоем значительного количества тепла;

б) жидкой пленкой слоя удерживается в топке основная масса золы (до 90%), поступающей в топку вместе с топливом;

в) имеет место стабилизация температуры горения в связи с изменением толщины и, следовательно, термического сопротивления слоя;

г) интенсифицируется горение крупных фракций топлива, попадающих на поверхность слоя шлака и сгорающих при интенсивном омывании их газовоздушным потоком.

Значительная величина градиента температуры в объеме теплоизоляционного слоя по нормали к его поверхности служит причиной того, что шлак в слое не является однородным по фазовому состоянию. Вблизи экранных труб шлак находится в твердом состоянии, далее — в пластическом и, наконец, на поверхности слоя — в жидком. Учитывая малоподвижность шлака в пластическом состоянии можно рассматривать теплоизоляционный слой состоящим из двух слоев: подвижного (жидкого) и неподвижного (пластического и твер-

дого). Подвижный слой представляет собой жидкую пленку шлака, непрерывно стекающего на под топки.

Как будет показано ниже, изменение толщины и, следовательно, термического сопротивления слоя всегда происходит таким образом, что это вызывает стабилизацию температуры в циклонной топке. В частности, уменьшение температуры в объеме топки влечет за собой возрастание толщины слоя и его термического сопротивления. Рост термического сопротивления теплоизоляционного слоя определяет уменьшение количества отводимого тепла и, как следствие, тенденцию к повышению температуры в циклонной топке. Новое состояние равновесия наступит при температуре несколько более низкой, чем до снижения нагрузки, но более высокой тем та, которая имела бы место при сбросе нагрузки и неизменной толщине теплоизоляционного слоя.

Для вывода уравнения движения потока шлака в вертикальной циклонной топке выделим элементарный объем со сторонами dx , dy и $rd\alpha$, где r — радиус циклонной топки. На выделенный объем действуют две силы: сила трения $dF = ds \cdot dx \cdot rd\alpha$ и сила веса $dG = \gamma dx dy rd\alpha$. Равнодействующая этих сил равна произведению массы на ускорение. Если же величиной ускорения по малости пренебречь, то равнодействующая будет равна нулю, т. е.:

$$ds dx rd\alpha + \gamma dx dy rd\alpha = 0.$$

Откуда:

$$ds = -\gamma dy. \quad (1)$$

Согласно закону Ньютона сила внутреннего трения равна

$$s = \mu \frac{dw_x}{dy}, \quad (2)$$

где μ — коэффициент вязкости шлака, $\frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}}{\text{м}^2}$;

w_x — скорость движения потока в направлении оси x , м/сек.

Дифференцируя уравнение (2) по y и подставляя по (1) $\frac{ds}{dy} = -\gamma$, получим:

$$\mu \frac{d^2 w_x}{dy^2} + \frac{d\mu}{dy} \frac{dw_x}{dy} = -\gamma \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой основное уравнение движения потока шлака по стенам вертикальной циклонной топки, является особым случаем уравнения Нуссельта и отличается от него тем, что учтено изменение величины вязкости по толщине пленки шлака.

Изменение температуры по толщине пленки в связи с малой ее толщиной (2—4 мм) по сравнению с диаметром топки (0,8—2,5 м) и очень медленным течением шлака (порядка 1 мм/сек) можно принять линейным, т. е.:

$$t = k_1 y + t_{ж},$$

где: $k_1 = \frac{\Delta t}{\delta_x}$ — величина, численно равная тан-

генсу угла наклона прямой, выражающей зависимость температуры шлака от y , °С/м;

$\Delta t = t_1 - t_{ж}$ — перепад температуры по толщине жидкой пленки, °С;

t_1 — температура шлака на поверхности жидкой пленки, °С;

$t_{ж}$ — температура шлака на границе между подвижным и неподвижным слоем, °С;

δ_x — толщина пленки жидкого шлака в сечении x , м.

Вязкость шлака в функции от температуры, как это следует из многочисленных экспериментальных исследований (ОРГРЭС, ВТИ, ИЭ АН БССР и др.), в интервале температур, характерных для жидкой пленки шлака, в полулогарифмических координатах выражается линией, близкой к прямой. С учетом изменения температуры по сечению пленки изменение вязкости шлака по толщине пленки шлака может быть описано экспоненциальной зависимостью:

$$\mu = \exp(-ky + A), \quad (4)$$

где: $k = \varphi \frac{\Delta t}{\delta_x} = \varphi \frac{q}{\lambda} \cdot \frac{1}{m}$;

$$\varphi = \frac{\ln \mu_{ж} - \ln \mu_1}{t_1 - t_{ж}} \text{ — коэффициент „длины“ шлака, } 1/^\circ\text{C};$$

$\mu_{ж}$ — вязкость шлака при температуре $t_{ж}$, кГ·сек/м²;

μ_1 — вязкость шлака на поверхности пленки, кГ·сек/м²;

q — удельное тепловосприятие поверхности циклона, ккал/м²·час;

λ — коэффициент теплопроводности шлака при средней температуре пленки, ккал/м·час·°С;

A — постоянная, равная $\ln \mu_{ж}$.

После подстановки значения вязкости из (4) и решения уравнения (3), получим закон изменения скорости течения шлака в пленке для сечения x :

$$w_x = \frac{\gamma}{ke^A} \left[e^{ky} \left(\frac{1}{k} + \delta_x - y \right) - \left(\frac{1}{k} + \delta_x \right) \right] \quad (5)$$

Из баланса протекающего шлака через сечение x и выпадающего на поверхность топки до сечения x может быть определена толщина пленки шлака в сечении x , которая равна:

$$\delta_x = -\frac{1}{k} + \sqrt{\frac{2\mu_{ж}}{k^2\mu_1} - \frac{1}{k^2} - \frac{kG_{ш}\mu_{ж}\cdot x}{\gamma^2}}, \quad (6)$$

где $G_{ш}$ — количество шлака, сепарирующегося из потока на единицу поверхности в единицу времени, кг/м²·сек.

Толщина всего теплоизоляционного слоя определится из равенства тепловых потоков через подвижный и неподвижный слой:

$$\delta_{Тх} = (D + 1) \left(-\frac{1}{k} + \sqrt{\frac{2\mu_{ж}}{k^2\mu_1} - \frac{1}{k^2} - \frac{kD_{ш}\mu_{ж}\cdot x}{\gamma^2}} \right), \quad (7)$$

где $D = \frac{\lambda'(t_{ж} - t_2)}{\lambda(t_1 - t_{ж})}$ — коэффициент, характеризующий тугоплавкость шлака.

Из анализа уравнений (6) и (7) следует, что:

а) с уменьшением температуры в топке (например, при уменьшении нагрузки) толщина жидкой пленки и неподвижного слоя возрастает;

б) рост толщины неподвижного слоя шлака при уменьшении температуры будет происходить более интенсивно, чем рост толщины жидкой пленки шлака;

в) при одинаковой величине вязкости на поверхности пленки толщина пленки, состоящей из „короткого“ шлака, будет меньше, чем толщина пленки, состоящей из „длинного“ шлака;

г) количество аккумулированного тепла пленкой, состоящей из „длинного“ шлака, значительно больше, чем количество тепла, аккумулированное пленкой, состоящей из „короткого“ шлака, вследствие чего „замерзание“ пленки из „длинного“ шлака при кратковременном уменьшении температуры менее вероятно;

д) толщина теплоизоляционного слоя при постоянном удельном тепловосприятии поверхности топки с ростом тугоплавкости шлака.

Низшая возможная температура в циклонной топке ограничивается необходимостью непрерывного и устойчивого вытекания из топки сепарирующегося шлака. На основании многочисленных экспериментальных данных можно считать, что максимальная вязкость шлака, при которой еще будет иметь место нормальное вытекание шлака через летку, равна 250 пуазам. В качестве средней вязкости шлака, вытекающего через летку, в данной работе принята средняя вязкость шлака, составляющего жидкую пленку, на уровне летки.

Средняя вязкость шлака жидкой пленки может быть определена из выражения:

$$\mu_{ср} = \frac{\int_0^{\delta_x} \mu \omega_x dy}{\int_0^{\delta_x} \omega_x dy}, \quad (8)$$

или после подстановки значений μ и ω_x и решения уравнения (8), получим:

$$\mu_{ср} = \frac{0,5 \mu_{ж} \left(\ln \frac{\mu_{ж}}{\mu_1} \right)^2 + \mu_1 \ln \frac{\mu_{ж}}{\mu_1} + \mu_1 - \mu_{ж}}{\frac{2 \mu_{ж}}{\mu_1} - 2 \ln \frac{\mu_{ж}}{\mu_1} - \left(\ln \frac{\mu_{ж}}{\mu_1} \right)^2 - 2}. \quad (9)$$

Из выражения (9) следует, что критической вязкости вытекающего шлака, равной 250 пуаз, соответствует вязкость шлака на поверхности пленки 130 пуаз (для „длинных“ шлаков) и 160 пуаз (для „коротких“ шлаков). Эти значения вязкости на поверхности пленки шлака являются максимальными, работа топки при большем их значении невозможна.

Приведенное решение является приближенным, т. к. при его выводе приняты следующие упрощающие предпосылки: течение шлака имеет ламинарный характер; трение вихревого потока о поверхность шлака пренебрежимо мало; зависимость логарифма вязкости от температуры в интервале температур, имеющих место по толщине пленки жидкого шлака, является линейной; значение коэффициента теплопроводности и удельного веса шлака для данного слоя приняты постоянными, причем за определяющую температуру принята средняя температура слоя; в интервале температур, имеющих место по толщине жидкой пленки, течение шлака подчиняется законам течения ньютоновских жидкостей; температура факела и степень черноты шлака и факела остаются постоянными по всей высоте топки; распределение сепарирующегося шлака по внутренней поверхности циклонной топки является равномерным; величина сил инерции, возникающих в жидкой шлаковой пленке при ее течении, пренебрежимо мала по сравнению с силами вязкости и веса. Влияние шипования поверхности нагрева топки в приведенном решении также не учтено.

Как следует из изложенного, для проектирования и эксплуатации циклонных топок необходимо располагать данными по важнейшим характеристикам текучести топливного шлака, особенно по зависимости вязкости шлака от температуры.

3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Важнейшие свойства шлаков с помощью диаграмм плавкости и диаграмм вязкости описаны быть не могут, т. к. шлаки состоят из большого числа компонентов. Различные эмпирические формулы, учитывающие количественное соотношение составляющих шлак компонентов, дают лишь приближенные результаты. Наиболее надежные данные по зависимости вязкости шлака от температуры могут быть получены лишь в результате экспериментального исследования.

Принципиально возможно большое число различных методов измерения вязкости шлака, однако, практически широко используются только три метода:

- а) метод вращающихся коаксиальных цилиндров;
- б) метод колебания шпинделя в шлаке;
- в) метод падения шара в расплаве или вытягивания его из расплава.

В данной работе для исследования вязкости торфяных шлаков выбран метод коаксиальных цилиндров, который, в отличие от других методов, дает возможность непрерывного измерения вязкости. Сущность метода коаксиальных цилиндров состоит в измерении момента сопротивления вращению одного из коаксиальных цилиндров со стороны расплавленного шлака, находящегося в кольцевом пространстве между цилиндрами.

Измерение момента сопротивления шлака вращению в нем шпинделя можно производить различными способами. В настоящей работе первоначально была построена установка для измерения момента сопротивления по изменению силы тока в цепи ротора мотора постоянного тока, приводящего во вращение жестко связанный с валом мотора шпиндель, погруженный в расплавленный шлак.

В процессе наладки установки выяснилось, что имеющийся мотор постоянного тока с числом оборотов $n = 3000$ об/мин не может быть применен в электро-вискозиметре для измерения коэффициента вязкости, превышающего 100 пуаз, т. к. при высоких числах оборотов шпинделя (1000 об/мин и выше) наблюдается образование глубокой лунки вокруг погруженного в

шлак цилиндра, приводящее к весьма значительным погрешностям. К недостаткам электрического вискозиметра, применяемого для измерения вязкости шлака, следует также отнести непостоянство числа оборотов шпинделя при измерении сопротивления (вязкости) среды, что приводит к значительным погрешностям при определении коэффициента вязкости гетерогенных систем.

В связи с изложенным, в работе пришлось отказаться от метода электрического измерения вязкости шлака. Окончательно был выбран метод коаксиальных цилиндров с нижним вращением тигля. Во вращающийся тигель, заполненный расплавленным шлаком, погружается цилиндр из высокоогнеупорного материала (молибдена), прикрепленный к упругой подвеске. Угол закручивания цилиндра определяется по отклонению отраженного светового луча от зеркала, прикрепленного к стержню, на который насажен цилиндр. Между величиной угла закручивания подвески и вязкостью расплава существует линейная зависимость. Тигель находился в полости криптоловой печи, смонтированной на одном каркасе с вискозиметром. Рабочая температура в печи достигала 1600°C . Измерение температуры производилось платино-платинородиевой термопарой, установленной под дном тигля.

4. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Отбор проб торфа и подготовка золы для исследования

Отбор проб торфа производился непосредственно из залежи торфопредприятий: „Смолевичское“, „Красное Знамя“, им. Орджоникидзе, „Василевичское-2“, „Большевик“, „Белицкое“, „Днепровское“, „Добеевский мох“, „Заеловье“, „Колпеница“, „Докудовское“, „Березинское“ и „Чисть“.

В среднем с каждого из указанных месторождений отобрано по 5 проб торфа весом 8—10 кг. с различных глубин от 0,1 до 2 м.

Доставленные пробы разделялись и сушились до воздушно-сухого состояния. Часть каждой пробы весом до 0,3 кг передавалась в Институт торфа АН БССР для определения ботанического состава. После сушки

пробы торфа озолялись в муфельной печи при температуре $800 \pm 25^\circ\text{C}$. Параллельно с озолением определялась зольность торфа. Зола торфа использовалась для определения температурных характеристик плавкости, химического состава и коэффициента вязкости шлака.

2. О связи между химическим составом и вязкостными характеристиками шлаков

Торфяные шлаки по химическому составу могут быть кислыми и основными. При этом содержание главных компонентов в шлаке белорусских торфов колеблется в более широких пределах, чем в шлаке торфов средней полосы Европейской части СССР. В белорусских торфах содержание основных компонентов изменяется следующим образом: SiO_2 — 9% — 60%; Fe_2O_3 — 3% — 25%; Al_2O_3 — 4% — 21%; CaO — 12% — 64%; MgO — 0,2% — 5%; K_2O — 1% — 4% и т. д.

Для классификации шлаков по химическому составу принята характеристика K , определяемая из соотношения:

$$K = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad (10)$$

Если $K > 1$, то шлаки относятся к кислым, если же $K < 1$ — к основным.

Как уже отмечалось, однозначной зависимости между количественным содержанием химических соединений и физическими свойствами многокомпонентных систем, какими являются шлаки, получено быть не может. Вместе с тем, как это следует из результатов экспериментальных исследований, сопоставление экспериментальных данных дает возможность установить определенные качественные зависимости, соблюдающиеся почти во всех случаях, между химическим составом с одной стороны, тугоплавкостью и скоростью изменения вязкости шлака с температурой — с другой.

В данной работе под тугоплавкостью шлака понимается температура расплавленного шлака, при которой коэффициент вязкости его равен 250 пуаз; иногда такую вязкость шлака называют критической. Удаление более вязкого шлака из топочного пространства весьма затруднительно. Скорость изменения вязкости с темпе-

ратурой может быть охарактеризована коэффициентом φ (стр. 7).

Наиболее легкоплавкими шлаками оказались такие, у которых процентное содержание кислых и основных окислов примерно одинаково ($K \cong 1$). По скорости изменения вязкости с температурой такие шлаки являются „средними“, т. е. для них $0,02 < \varphi < 0,04$.

Шлаки с явно выраженными кислыми свойствами, для которых $K > 2$, являются тугоплавкими и „длинными“ ($\varphi < 0,02$). Шлаки с явно выраженными основными свойствами ($K < 0,5$), являются тугоплавкими и „короткими“ ($\varphi > 0,04$).

Зачастую шлаки, характеризующиеся равными K , т. е. одинаковыми по величине отношениями сумм кислых и основных окислов, значительно отличаются по тугоплавкости. Более тугоплавкими, как правило, будут те шлаки, у которых отношения $\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$ и $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ будут большими, т. е. шлаки, в составе которых преобладают тугоплавкие окислы.

О связи между видом торфа и физико-химическими свойствами его золы

Образование торфяной залежи, как известно, может происходить в различных условиях минерального питания. В условиях бедного минерального питания растут залежи торфов верхового типа, в условиях богатого минерального питания — залежи торфов низинного типа и, наконец, в промежуточных условиях — залежи торфов переходного типа. Иллюстрацией этому служит количественное содержание золы в торфах различных типов.

Содержание золы в торфах верхового типа обычно невелико и колеблется в пределах 1 — 4%. Несколько больше (3 — 5%) золы содержится в торфах переходного типа. Торфа низинного типа значительно больше забалластированы минеральными веществами и характеризуются широким диапазоном зольности от 4 до 20%.

Содержание золы в растениях-торфообразователях верховых торфов обычно близко к зольности торфа верхового типа. Это указывает на тот факт, что основная часть золы верховых торфов является первичной

золой. В связи с этим для верховых торфов одного и того же вида (образованных одинаковыми растениями-торфообразователями) следовало бы ожидать относительной идентичности физико-химических свойств их золы.

Проведенные исследования вязкости шлаков шести проб верховых торфов пушицево-сфагнового вида подтвердили это предположение. Температурные характеристики вязкости исследованных проб верховых торфов достаточно близки между собой.

Зольность торфа низинного типа колеблется в значительно более широких пределах от 4% до 20%. Поскольку зольность растений-торфообразователей низинных залежей значительно ниже зольности торфов низинного типа, то становится понятным, что зачастую основная масса золы торфа низинного типа является золой вторичной. Вторичная зола торфов низинного типа привносится ветром и атмосферными осадками, а также из почвы, богатой минеральными веществами, как в процессе образования залежи с грунтовыми и поверхностно-сточными водами, так и после образования залежи с грунтовыми водами путем инфильтрации. Физико-химические свойства золы низинных торфов в значительной степени определяются количеством и составом привнесенных в залежь минеральных веществ.

Экспериментальные исследования подтвердили, что как химический состав, так и физические свойства (в частности, зависимость вязкости от температуры) золы разных проб одинакового вида торфов низинного типа могут значительно отличаться друг от друга. Это справедливо даже для торфов одного и того же вида, взятых из разных мест одной и той же залежи.

4. О пригодности верховых и низинных торфов для сжигания в циклонных топках с жидким шлакоудалением

На основании многочисленных экспериментальных данных ряд исследователей указывает на невозможность сжигания в циклонных топках данного вида топлива, если: а) количество золы в топливе выше 50% или ниже 4% на сухую массу; б) коэффициент вязкости шлака при 1425°C выше 250 пуаз.

Верхний предел зольности в случае сжигания торфа в циклонных топках с жидким шлакоудалением не пред-

ставляет интереса, т. к. в торфе золы более 50% не бывает. Что касается нижнего предела зольности, то он указывает на невозможность сжигания в циклонных топках с жидким шлакоудалением торфов верхового типа. Трудность сжигания в циклонных топках мало-зольных топлив ($A^c < 4\%$) состоит в том, что при работе на таком топливе топка становится очень чувствительной к изменению режима ее работы. Это вызвано тем обстоятельством, что при изменении режимных факторов работы топки количество выпадающего из потока шлака не будет в состоянии обеспечить необходимый рост толщины теплоизоляционного слоя. В частности, такое несоответствие при снижении нагрузки приводит к „замерзанию“ жидкой пленки шлака, что может привести к зашлаковыванию топки.

По химическому составу торф верхового типа имеет явно кислый характер, т. е. отношение суммы кислых окислов к сумме основных больше 2 ($K > 2$). Это определяет тугоплавкость шлака торфов верхового типа. Коэффициент вязкости таких шлаков при температуре 1425°C либо выше 250 пуаз, либо близок к этому значению. Флюсование шлаков торфов верхового типа связано с применением относительно дорогих материалов (известняк, доломит и др.). По скорости изменения вязкости с температурой шлаки торфов верхового типа являются „длинными“.

По количеству золы ($A^c = 4\% - 20\%$) торфа низинного типа вполне пригодны для сжигания в топках с жидким шлакоудалением. Зола торфа низинного типа по химическому составу может быть основной ($K = 0,2 - 1,0$), средней ($K \cong 1$) и слабо кислой ($K = 1 - 2$). Шлаки низинных торфов с $K > 2$ в опытах не встречались. По тугоплавкости шлака подавляющее большинство исследованных низинных торфов (57 из 62) вполне пригодны для жидкого шлакоудаления без флюсования, т. е. коэффициент вязкости их шлаков при температуре 1425°C ниже 250 пуаз. По скорости изменения вязкости с температурой шлаки торфов низинного типа являются „средними“ и „короткими“.

Редко встречающиеся торфа низинного типа, имеющие золу по химическому составу с явно выраженным основным характером ($K < 0,5$), являются „короткими“ и по тугоплавкости (при $t = 1425^\circ\text{C}$ $\mu > 250$ пуаз) ка-

жуются непригодными для сжигания в циклонных топках с жидким шлакоудалением. Однако здесь следует иметь в виду, что тугоплавкость таких шлаков может быть значительно снижена флюсованием дешевым, широко распространенным материалом — песком. Из проведенных экспериментов следует, что добавка всего лишь 0,5% песка (по весу торфа) снижает температуру тугоплавких основных шлаков, при которой коэффициент вязкости их равен 250 пуаз, примерно на 100°C.

Таким образом, торф низинного типа по сравнению с торфом верхового типа имеет более благоприятные характеристики золы для условий шлакоудаления в циклонных топках.

ВЫВОДЫ

1. Проведено аналитическое исследование течения шлака в вертикальной циклонной топке, в результате которого получены зависимости, позволяющие вычислить толщину теплоизоляционного слоя и его составляющих и вязкость на поверхности жидкой пленки шлака.

2. Анализом полученных теоретических выражений установлен характер изменения толщины теплоизоляционного слоя и вязкости жидкой пленки в зависимости от режимных параметров работы топки и качества топливного шлака. На основе анализа выражений (6) и (7) объяснена роль теплоизоляционного слоя в стабилизации температуры в циклонной топке.

3. Экспериментально установлено, что наиболее легкоплавкие торфяные шлаки характеризуются примерно одинаковым количеством кислых и основных окислов ($K \cong 1$). Наиболее тугоплавкими являются торфяные шлаки с явно выраженными основными ($K < 0,5$) или кислыми ($K > 2$) свойствами.

4. Связь между ботаническим составом торфа и физико-химическими свойствами его золы отчетливо наблюдается лишь для торфов верхового типа. Отсутствие ее для низинных торфов обусловлено высоким содержанием вторичной золы.

5. Зола торфов низинного типа по химическому составу может быть основной ($K < 1$), средней ($K \cong 1$) и слабо кислой ($K = 1-2$). Торфа низинного типа, имеющие золу явно выраженного кислого характера ($K > 2$),

в опытах не встречались. Зола торфов верхового типа по химическому составу имеет явно кислый характер ($K > 2$).

6. Исследованные торфа низинного типа по количеству и качеству золы вполне пригодны для сжигания в топках с жидким шлакоудалением (подавляющее большинство без флюсования). Для флюсования тугоплавких основных шлаков низинных торфов можно с успехом применять широко распространенный дешевый материал — песок.

7. Торфа верхового типа по сравнению с низинными торфами как по количеству золы, так и по ее качеству следует признать менее пригодными для жидкого шлакоудаления.

8. Результаты исследования физико-химических свойств шлака торфа использованы при проектировании первой промышленной циклонной топки для сжигания фрезерного торфа с жидким шлакоудалением.

Опубликованы следующие материалы, отражающие содержание диссертации:

1. В. Д. Дунский. Влияние шлаковой пленки на стабильность процесса горения в циклонной топке. «Труды Института энергетики», вып. IV, Минск, 1958 г.
2. В. Д. Дунский. О толщине теплоизоляционного слоя в вертикальной циклонной топке, «ИФЖ», № 9, 1959 г.
3. В. Д. Дунский. О пригодности верховых и низинных торфов для сжигания в циклонных топках с жидким шлакоудалением. «ИФЖ», № 12, 1959 г.

164876

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Киргизской ССР

АТ 07265. Тираж 150 экз. Подписано в печать 29.IV 1960 г.
Зак. 696.

Типография АН БССР, г. Минск