

Др 6
1343

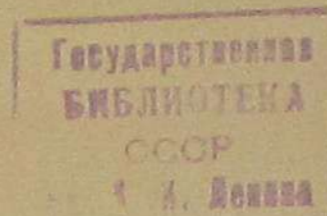
**Исследование работы топки
скоростного горения для торфа
в котлу малой мощности**

*Автореферат диссертации на
соискание ученой степени
кандидата технических наук*

Инженер М. В. Кражовский

Защита состоится в Ленинградском политехническом институте
..... 1954 г.

Рига 1954 г.



М-12258

Коммунистическая партия и Советское Правительство требуют всемерного использования местного низкосортного топлива.

Для Латвийской ССР основным местным топливом является торф; однако, широкому внедрению его в промышленные котельные препятствует отсутствие топок для котлов малой мощности, рационально использующих торф вообще, а низкосортный в особенности.

В Латвийской ССР наиболее распространенными котлами малой мощности являются жаротрубные котлы с внутренними топками, сжигающими торф с весьма большими теплотерями и с низкой производительностью.

Ознакомившись с новыми методами слоевого сжигания топлива, автор впервые использовал для сжигания торфа в выносных топках жаротрубных котлов метод ЦКТИ В. В. Померанцева. Этот метод с успехом применяется для сжигания древесины в топках котлов различной мощности и для сжигания торфа в предтопках шахтно-цепных топок котлов с паропроизводительностью выше 10 т/ч.

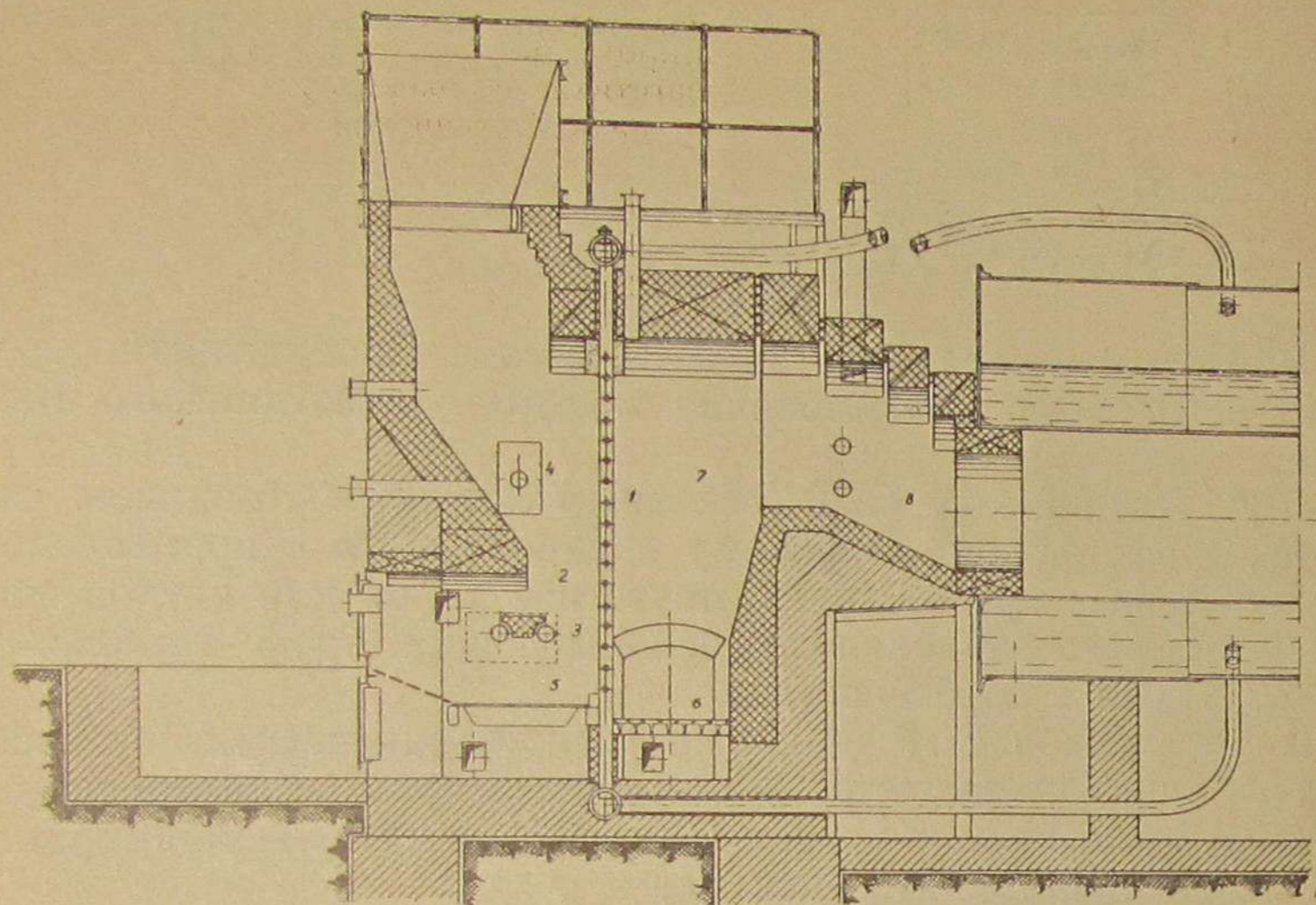
По техническому проекту Ленинградского политехнического института и нашим рабочим чертежам, под руководством автора в 1951 году построена опытная топка к двухжаротрубному котлу с поверхностью нагрева 90 кв. м в котельной одного из текстильных предприятий в г. Риге.

КОНСТРУКЦИЯ ОПЫТНОЙ ТОПКИ

Схема опытной топки показана на фиг. 1.

Опытная топка шахтного типа имеет следующие основные специфические детали и особенности.

1. Зажимающая решетка из вертикальных цельнотянутых стальных труб с приваренными к ним в шахматном порядке шипами (1), закрывающая слой торфа в шахте и препятствующая выносу мелочи из слоя. Коллекторы этой решетки соединены с водяным и паровым пространством котла. Решетка яв-



Фиг. 1. Схема опытной топки.

ляется весьма эффективной радиационной поверхностью нагрева котла, в значительной степени повышающей его паропроизводительность.

2. Пережим шахты (2), под которым торф свободно рассыпается, образуя рыхлый, легко продуваемый слой, позволяющий организовать в нем скоростное горение в поперечном потоке воздуха без увеличения потерь с уносом мелочи, благодаря зажимающему действию решетки.

Удерживая в шахте торф, пережим дает возможность производить шлакоудаление «на ходу», не выжигая шахты.

Второй пережим (3) образован зажимающей решеткой и шамотными колосниками, опирающимися на две балки, охлаждаемые проточной водой. Этот пережим облегчает продувание слоя воздухом, ускоряя горение.

3. Направление части горячих газов огневой зоны навстречу опускающемуся по шахте слою торфа, чем достигается интенсивная, огневая подсушка.

4. Тормозная балка шахты (4), удерживающая опускаю-

щийся вниз торф, способствует образованию очага из заторможенного на ней торфа для интенсификации подсушки.

5. Под огневой зоной шахты расположена колосниковая решетка (5), а под топочным пространством — дожигательная решетка (6).

6. Между зажимающей решеткой и котлом находится топочное пространство (7), соединенное горловиной (8) с жаровыми трубами котла.

7. Шлаки удаляются вручную через фронтные и боковые дверцы.

8. Топка может работать за счет естественной тяги и с вентиляторным дутьем; дутьевой воздух подается под обе решетки, непосредственно в слой и в горловину.

9. Подача торфа в бункер шахты производится скиповым подъемником с ковшем емкостью 0,5 куб. м.

СОДЕРЖАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 1952 году после наладки и освоения опытной топки котлоагрегат был пущен в эксплуатацию, и все испытания проводились в эксплуатационных условиях.

Проведенные опыты позволили дать общую характеристику работы топки.

Растопка с холодного до рабочего состояния требует около 4 т кускового торфа и продолжается не дольше 5 часов. На охлаждение балок расходуется воды в среднем 1 куб. м/ч; вода используется для питания котла. Кусковой торф нормального сорта беспрепятственно проходит через пережимы шахты, но торфины длиннее 350 мм образуют заторы на тормозной балке, что требует вмешательства кочегаров, так как огонь не достигает этой зоны и не прожигает образовавшиеся заторы.

Разработаны методы шлакоудаления. Доказано, что при сжигании малозольного торфа с нормальной нагрузкой чистка топки может производиться раз в смену без затруднений; при зольности торфа $A^c > 10\%$ необходимо чистить топку два раза в смену. При сжигании многозольного торфа, а тем более торфа с легкоплавкой золой и при этом с высокой форсировкой, требуется особое мероприятие, разработанное автором; за 20—30 мин. до чистки под решетку шахты подается паровоздушное дутье, после чего получается рыхлый шлак, легко снимаемый с колосниковой решетки; примесь к торфу 10—15% (по весу) древесных опилок также значительно облегчает шла-

коудаление. Чистка дожигательной решетки и зольников производится легко, без особых мероприятий.

Вся операция чистки топки продолжается около 15 мин. Во время чистки давление пара в котле не падает, а повышается, ввиду облегчения доступа воздуха при уборке шлака.

Опытами установлено, что из слоя выносятся более половины содержащейся в торфе золы, а в дымоходах котла отлагается летучая зола в количестве не более 0,35% от сожженного торфа.

Определено, что при содержании в торфе мелочи не более 50% процент выноса ее сквозь зажимающую решетку пропорционален содержанию мелочи в загружаемом в шахту торфе, но при более высоком содержании мелочи вынос увеличивается в меньшей степени. Эта мелочь сгорает на дожигательной решетке.

Проведен ряд балансовых испытаний котлоагрегата на кусковом торфе различного качества и смесях его с фрезторфом, сырой одубиной и древесными опилками. Таблица полученных результатов приводится в конце текста. Из этой таблицы видно, что при сжигании кускового торфа с влажностью 27%

достигается уд. паросъем без вентиляторного дутья $\frac{D}{H} = 30$ кг/кв. м. ч, а с вентиляторным дутьем до 35 кг/кв. м. ч, $\eta_t = 92\%$, $\eta_{ка} = 62\%$ без экономайзера. Химический недожог около 2%, механический недожог около 3%.

Определены теплотери выносной топки в окружающую среду 1,3%.

Установлена зависимость $\frac{D}{H}$ и $\eta_{ка}$ от начальной влажности торфа и присадки фрезторфа. Определено, что практически допустима максимальная начальная влажность торфа в 50%, а содержание в кусковом торфе фрезторфа — до 75%, причем присадка фрезторфа мало сказывается на снижении показателей работы.

Доказана возможность сжигания смесей кускового торфа, содержащих 30—50% сырой одубины или древесных опилок.

Разработаны: специальный метод исследования подсушки в топочной шахте отдельных кусков торфа, методика отбора проб торфа с пережима шахты, забора проб газов из горящего слоя и из топочного пространства, замеров температуры слоя торфа в шахте и в зоне активного горения. Сконструирован ряд специальных приборов и приспособлений для проведения

экспериментальных работ: приспособления для разделки проб торфа, специальные термометры для измерения температуры слоя в шахте, приспособления для забора проб газов из огневой зоны, прибор для определения температуры плавления золы и др.

Предварительными исследованиями сжигания торфа с высокой влажностью установлены следующие недостатки работы топки:

1. Температура слоя торфа в шахте недостаточна для подсушки, необходимой для нижнего воспламенения. Так, например:

при начальной влажности торфа $W^0 = 46\%$ сброс влаги 14%,
" " " " " 52% " " 6%

2. Газовый анализ показал, что процесс горения протекает неудовлетворительно.

а) Состав газов в горящем слое 100 мм до зажимающей решетки при начальной влажности торфа

$W^0 = 46\% — CO_2 = 12\%, O_2 = 7\%, CO = 2\%, \text{ темп. } 900^\circ C,$
" 55% — $CO_2 = 9\%, O_2 = 10\%, CO = 1,2\%, \text{ темп. } 800^\circ C.$

Кислородная зона не заканчивается в слое. Избыток кислорода проскакивает сквозь слой в топочное пространство, что указывает на недостаточную толщину слоя.

б) Из слоя торфа через верхнюю зону зажимающей решетки выходят газы с большим избытком кислорода (порядка 13%), что объясняется засосом воздуха из бункера через холодный слой торфа.

в) Соответственно газообразованию в слое, газы в горловине и за котлом содержат недостаточно CO_2 и избыток O_2 , а потому коэффициент избытка воздуха завышен, например:

при начальной влажности торфа $W^0 = 45\% \alpha_t = 1,6,$
" " " " " 50% $\alpha_t = 2,5$

Для устранения недостатков, обнаруженных при сжигании высоковлажного торфа, произведены конструктивные изменения опытной топки:

1) Пережим шахты расширен на 110 мм (полкирпича) для лучшего использования кислорода дутья.

1 — содержание влаги, отнесенное к общей массе.

2) Средняя зона зажимающей решетки ($h=480$ мм) против пережима шахты закрыта шамотными вкладышами для направления части газов огневой зоны вверх, навстречу опускающемуся слою торфа, с целью интенсификации его подсушки и некоторой изоляции горящего слоя от охлаждения трубной решеткой.

3) Для усиления подсушки торфа в шахте организованы очажки горения концентрированным вводом воздуха через трубки, вмурованные в фронтную стену шахты.

4) Тормозная балка опущена в зону огня (на 110 мм).

5) С целью сокращения избытка воздуха площадь дожигательной решетки уменьшена на одну треть и закрыт ввод дутьевого воздуха в горловину.

6) Сплошные плитчатые колосники заменены стандартными.

Проведен ряд других мероприятий, продиктованных эксплуатационным опытом.

Исследования, проведенные после реконструкции опытной топки, подтвердили целесообразность и эффективность указанных мероприятий.

Заторы, образуемые крупными торфинами, прогорают в огне, не требуя помощи кочегаров.

Под пережимом образуется мощный очаг, хорошо использующий кислород воздуха. Расширение пережима не затрудняет шлакоудаление даже при многозольном и сухом торфе (A^c до 20%).

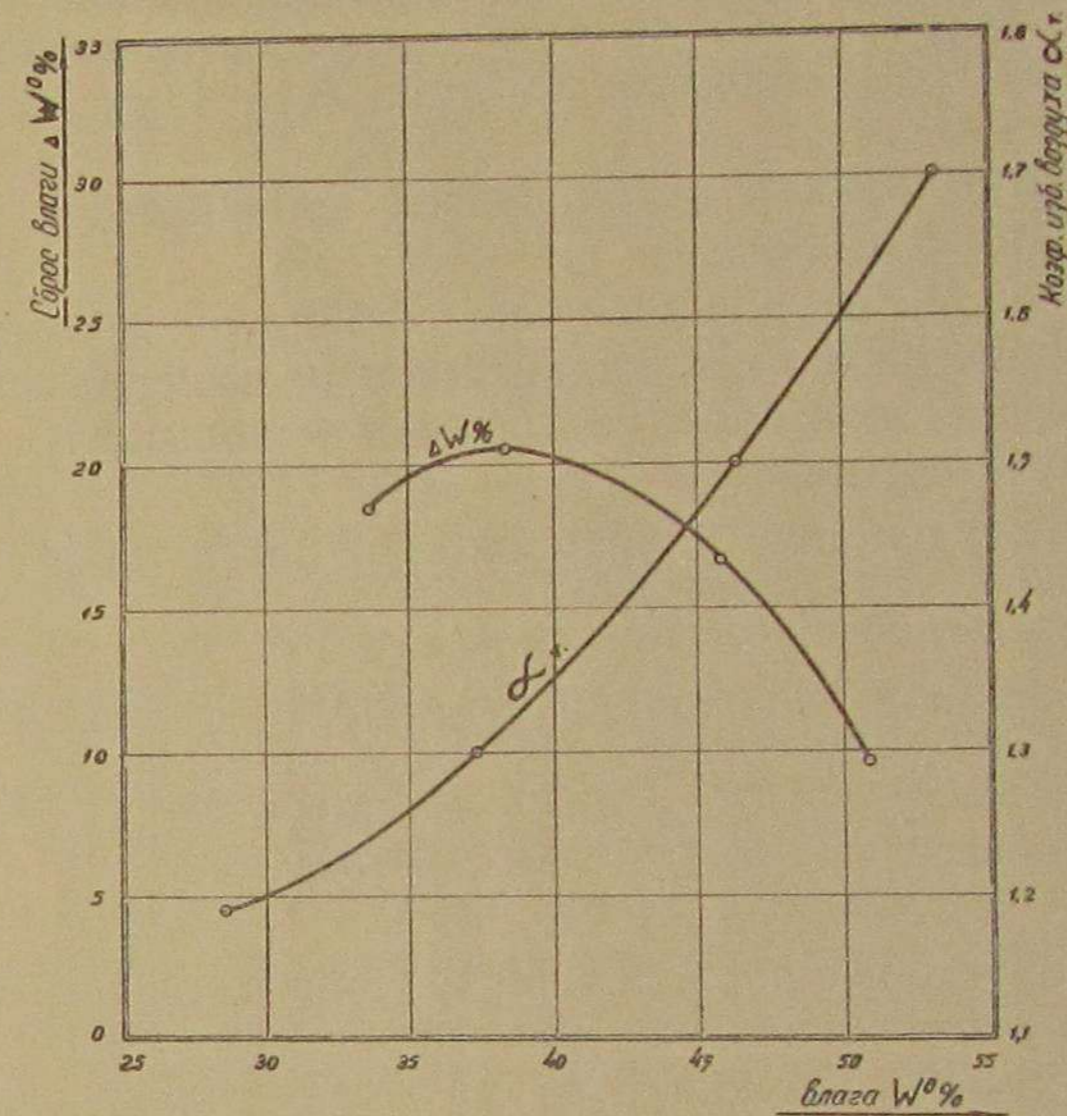
Установлено улучшение теплового баланса: сократились потери с уходящими газами, химический недожог уменьшился вдвое (до 1%), к. п. д. повысился на 2—5%. Подробные результаты приведены в таблице, помещенной в конце текста.

Исследована подсушка торфа в реконструированной шахте. Установлено, что зоны высоких температур значительно поднялись, поэтому подсушка торфа усилилась настолько, что торф с начальной влажностью ниже 50% поступает из пережима в зону активного горения с влажностью, обеспечивающей воспламенение, и не нарушает ход нормального процесса горения слоя.

Однако, при начальной влажности торфа выше 50% сброс влаги в шахте все-таки недостаточен, а это требует новых мероприятий для получения возможности сжигания торфа с более высоким влагосодержанием.

Очаги горения в шахте улучшают подсушку, но трубки, подводющие воздух, скоро зашлаковываются.

Определена и отражена на графике зависимость сброса влаги торфа от его начальной влажности (фиг. 2), а также содержания мелочи и форсировки топки.



Фиг. 2. Зависимость сброса влаги торфа в шахте и коэф. избытка воздуха в топке от начальной влажности торфа.

Проведено исследование процесса сушки в шахте отдельных кусков торфа различных размеров и качества в практически одинаковых условиях. Для этой цели куски торфа определенного качества помещались в проволочную корзинку, прикрепленную к цепи. Корзинка вводилась в шахту, засыпалась торфом и вместе со слоем торфа опускалась до пережима. Когда корзинка достигала пережима шахты, на что указывала метка на цепи, она вынималась из слоя через бункер, а затем определялась конечная влажность подсушенных кусков и рассчитывался сброс влаги.

Результаты этого исследования подтверждают современные представления о процессе сушки.

Исследован процесс горения торфа в реконструированной топке, при этом установлены и отражены на графиках следующие закономерности:

а) Зависимость состава газов горящего слоя 100 мм до зажимающей решетки от начальной влажности торфа, присадки мелочи или фрезторфа, форсировки топки.

Газовый анализ показал, что при начальной влажности ниже 50% кислородная зона практически заканчивается в слое, так как газы содержат O_2 лишь 0,1—4,0% при высоком содержании CO_2 .

Присадка мелочи с ограниченной влажностью усиливает газообразование в слое.

При переходе от низкой к средней нагрузке состав газов в слое улучшается, но при дальнейшем повышении нагрузки — ухудшается, так как слой не успевает использовать кислород подаваемого воздуха.

Определено влияние начальной влажности торфа на температуру слоя:

Начальная влажность порядка	$W^o = 30\%$	—	температура слоя	1100^oC
„	„	„	„	„
„	40%	—	„	1050°C
„	45%	—	„	950°C
„	55%	—	„	900°C

б) Состав газов на различной глубине горящего слоя указывает, что интенсивное горение происходит при начальной влажности торфа порядка 30% во всей толще слоя, а при 45—50% — в середине слоя.

Содержание в газах слоя CH_4 , H_2 и CO тем больше, чем ниже начальная влажность торфа.

в) Анализ газов на выходе из зажимающей решетки указывает, что наименьший процент CO_2 и наибольший O_2 содержат газы в верхней зоне, ввиду наличия засосов воздуха через бункер. Закрытие части верхней зоны (h-250 мм) под потолочным сводом оказалось малоэффективным.

г) Средний состав газов горловины топки, характеризующий результат всего процесса сжигания в топке, указывает, что по мере повышения начальной влажности торфа содержание CO_2 уменьшается, а O_2 — увеличивается, вместе с этим повышается коэффициент избытка воздуха (фиг. 2).

д) В уходящих дымовых газах остается $CO = 0,2 — 0,3\%$, что можно объяснить охлаждением топочного пространства засасываемым холодным воздухом и его высоким тепловым напряжением. Дожиганию CO могла бы способствовать шамотная насадка или стена в жаровых трубах.

Проведенные исследования показали, что реконструкция топки значительно улучшила процесс горения и в основном устранила главный недостаток — завышенный коэффициент избытка воздуха, особенно при повышенной влажности торфа, что отражено на графике (фиг. 2) и в таблице:

W^o торфа	α_t	$\alpha_{ка}$
29%	1,19,	1,2
30—40%	1,3,	1,5
42—49%	1,5,	1,6
51—55%	1,7,	1,9

Имеется возможность еще более сократить значение α устранением засосов воздуха через бункер шахты. Замена скипового подъемника подачей торфа ленточным транспортером в высокий бункер с затвором для отсекаания торфа у входа в шахту сократит засосы воздуха.

Интенсификация подсушки торфа с начальной влажностью выше 50% может быть достигнута устройством очагов горения в шахте по способу, применяемому в предтопках шахтно-цепных топков, а также сушкой торфа отходящими газами в бункере топки. Улучшение подсушки торфа сократит также коэффициент избытка воздуха.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОПЫТНОЙ ТОПКИ И ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ТОПКИ В НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Опытный котлоагрегат с момента пуска в эксплуатацию до 1-го декабря 1953 года работал безаварийно около 6000 часов и продолжает работать, снабжая предприятие паром требуемого давления в нужном количестве. Доказана полная работоспособность топки на кусковом торфе со средней влажностью до 55%, зольностью до $A^c = 20\%$ и содержанием фрезторфа до 75%.

В периоды остановки опытного котлоагрегата его заменяли два таких же котла, работающих на антраците марки АРШ.

Шлакоудаление не создавало затруднений; паровоздушное дутье применялось лишь в тяжелых случаях шлакования. Шлакообразование на обмуровке топки не обнаружено, но при сухом торфе замечено зашлаковывание нижних частей боковых стен у колосниковой решетки, что можно предотвратить экранированием этих частей.

При питании котла водой с жесткостью около 7° на трубах зажимающей решетки образовалась легкоотделяющаяся накипь толщиной до 1 мм; в то же время на жаровых трубах котла обнаружен слой трудноудаляемой накипи толщиной 1,5 мм.

На основании результатов исследований и опыта эксплуатации автором составлена схема промышленной топки для жаротрубных котлов мощностью от 1,5 до 3,0 т/ч.

Совет Министров Латвийской ССР вынес решение о постройке по этой схеме двух топок на текстильных предприятиях в г. Риге. Постройка одной топки начата в конце 1953 года. После испытания промышленных топок и уточнения конструкции можно будет стандартизировать новую топку для широкого внедрения в народное хозяйство.

Внедрение каждой топки высвободит в год около 4000 т дальнепривозного каменноугольного топлива с заменой местным торфом, даст экономию порядка 500 т. в год условного топлива (ввиду повышения к. п. д.), а повышение паропроизводительности котла сократит штат кочегаров. Кроме того, облегчится труд обслуживающего персонала, ввиду механизации торфоподачи и отсутствия надобности в шуровке.

Схема топки применима также к современным водотрубным котлам малой мощности, которыми будут заменяться выходящие из строя старые жаротрубные котлы.

ВЫВОДЫ

1. Применение метода скоростного горения ЦКТИ В. В. Померанцева к сжиганию торфа в топке котла малой мощности оказалось вполне удачным и целесообразным.

После ряда конструктивных изменений опытной топки, основанных на результатах исследований, установлена полная работоспособность топки на кусковом торфе кондиционного качества и низкосортном торфе, а также на смесях его с фрез-торфом и древесными отходами.

2. Топка удовлетворяет требованиям, предъявляемым к топочным устройствам малой мощности: высокая производительность и экономичность, малогабаритность, простота конструкции, приспособляемость к широким колебаниям качества торфа и нагрузки, надежность в эксплуатации, легкость обслуживания, механизация топливоподачи, отсутствие необходимости шуровки.

3. В результате проведенных исследований получены характеристики специфических процессов подсушки торфа в топочной шахте и горения в топке, разработаны методы исследования этих процессов, сконструирован ряд специальных приборов и приспособлений.

4. Разработана научно обоснованная схема промышленной топки. По этой схеме начато внедрение топки в народное хозяйство. Схема применима также к современным водотрубным котлам малой мощности.

5. Дальнейшие работы по улучшению сжигания торфа в промышленных топках должны вестись в следующих направлениях: интенсификация подсушки в шахте торфа с влажностью выше 50%, сокращение избытка воздуха при сжигании высоковлажного торфа, освобождение уходящих газов от CO , проработка вопроса полной механизации процессов, включая и шлакоудаление.

Таблица результатов балансовых

Показатели	Обозначения	Размерность	После реконструкции		
			кусовой торф		
			I опыт	II опыт	III опыт
Теплотворная способность	Q_H^P	ккал/кг	2990	2901	2335
Влажность	W^P	%	33,6	37,2	46,6
Зольность	A^P	%	6,3	3,9	5,0
Содержание мелочи		%	5	12	5
Степень разложения		%	30	25	15
Напряжение:					
а) зеркала горения	Q_{HB}^P	тыс. ккал.			
	R	кв. м. ч	1417	1680	1400
б) топочн. объема	Q_{HB}^P	тыс. ккал.			
	V	кб. м. ч	426	304	421
Состав газов в горловине	CO_2	%	13,6	14,1	12,2
	O_2	%	4,6	5,5	8,5
	CO	%	1,9	0,6	0,24
Коэффициент избытка в-ха — в горловине	α_T		1,35	1,38	1,66
Теплопотери с хим. недожогом	q_3	%	1,1	1,2	1,7
Теплопотери с мех. недожогом	q_4	%	3,3	1,5 ¹⁾	4,3 ⁺²⁾
К. п. д. топки	η_T	%	93	94	91
Состав газов за котлом	CO_2	%	12,2	13,4	11,4
	O_2	%	8,2	6,6	9,0
	CO	%	0,22	0,26	0,26
Коэффициент избытка в-ха за котлом	α_{ka}	—	1,62	1,43	1,73
Теплопотери с ух. газами	q^2	%	15—25	в зависимости от режима	
К. п. д. котлоагрегата без экономайзера	η_{ka}	%	65	58	59
Средний удельный паросъем	$\frac{D}{H}$	кг/кв. м.ч.	21 ³⁾	19 ³⁾	18 ³⁾
Разрежение за котлом	S	мм в. с.	7	7	8

- 1) При тщательной работе.
- 2) При небрежной работе.
- 3) По потребности производства меняющийся паросъем.

испытаний опытного котлоагрегата

До реконструкции						
кусовой торф				кусовой торф в смеси		
I опыт	II опыт	III опыт	IV опыт	50% фрез-торф	75% фрезторф	36% одубина
3417	2824	2520	1870	2614	2082	2036
26,8	35,5	42,8	51,2	40,3	49,0	49,0
5,3	5,5	4,2	14,6	5,5	5,3	2,2
1090	941	826	750	986	818	830
684	580	520	472	620	514	367
1,91	2,08	2,24		2,23	2,12	3,34
3,08	4,02	2,57		3,72	7,00	1,39
92,0	91,2	92,8		91,0	87,9	92,10
11,17	10,47	9,23		9,54	10,58	8,08
10,20	10,03	11,51		10,84	9,98	12,58
0,36	0,35	0,32		0,35	0,35	0,40
1,80	1,88	2,18		2,03	1,87	2,44
27,65	29,36	32,34		32,50	32,59	37,03
62,40	59,54	57,85	53,6	56,5	53,29	53,04
30,6 ⁴⁾	26,5	23,3	19,0	24,0	24,2	22,4
11	11	11	10	12	13	12

- 4) Максимальный паросъем без вентиляторного дутья, а с вентиляторным дутьем — 35.

6797

СОВЕТСКИЙ