

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Г. М. КРЖИЖАНОВСКОГО

ДОКТОРАНТ Х. К. ТРУУ

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА
СЖИГАНИЯ ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ, ПРЕДСТАВЛЕННОЙ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ
ЧЛЕН-КОРР. АН СССР М. А. СТЫРИКОВИЧ
ДОКТОР ТЕХН. НАУК ПРОФ. Л. Н. ХИТРИН

МОСКВА, 1952 г.

102256.

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
А. Н. Ниргизской ССР

Эпоха великих строек коммунизма выдвинула перед советскими энергетиками задачу умело разрешить проблему рационального использования местных топлив, в том числе и горючих сланцев. Несмотря на значительные достижения в области теории гетерогенного горения и в технике сжигания твердого топлива, в применении горючих сланцев имеются серьезные трудности. Последние вызваны специфическими особенностями и недостаточной степенью изучения основ и способов сжигания этого топлива. Разрешению проблемы рационального использования топлива-сланца, негорючий минеральный остаток горения которого также представляет существенный интерес с точки зрения применения его в промышленности строительных материалов, до последнего времени уделялось весьма ограниченное внимание. Результаты испытаний действующих установок, обследование конструктивного оформления и некоторые лабораторные исследования элементов топочных устройств были явно недостаточны в качестве основы для того, чтобы широко развернуть применение горючих сланцев в энергетическом хозяйстве. Целью данной работы являлось изучение теории и практики сжигания горючего сланца, особо учитывая комплексное использование как органического вещества, так и негорючего минерального балласта в составе горючих сланцев.

Автор диссертации считает своим долгом выразить глубокую благодарность научным консультантам члену-корреспонденту Академии Наук Союза ССР М. А. Стриковичу и доктору технических наук профессору Л. Н. Хитрину.

I. ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Практическое сжигание горючих сланцев характеризуется незначительной удельной нагрузкой топочных устройств: до $1,3 \cdot 10^6$ ккал/м² час зеркала горения решетки и до $150 \cdot 10^3$ ккал/м³ час топочного пространства шахтно-мельничных топков при суммарных потерях в обоих случаях порядка 10—12%. Эксплуатационные показатели зачастую значительно уступают вышеназванным, и топочные устройства на горючем сланце создают антигигиеничные условия для окружающего района. Форсированный режим работы установок ведет к шлакованию слоя и поверхностей нагрева котлов. Горючий сланец до сих пор является топливом лишь для установок малой и средней мощности.

Целью настоящей диссертации является разработка основ процесса горения сланца и рационального скоростного способа его сжигания в топочных устройствах, с превращением негорючей минеральной массы в качественное вяжущее для строительства. В настоящее время размолотая зола от сжигания сланца-кукерсита (горючий сланец эстонского месторождения) в слоевых топках представляет низкокачественное строительное вяжущее с механической прочностью 70 кг/см² и несколько выше, а зола шахтно-мельничной топки — вяжущее марки 120—150.

II. СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Процесс сжигания угля, являющегося основным видом твердого топлива, характеризуется подготовительной и основной стадиями, причем подготовительная фаза процесса завершается образованием обогащенного углеродом кокса. Основной фазой процесса является горение углерода посредством его газификации на поверхности углеродного тела. Горючим сланцам, напротив, свойственно преобразование большей части горючей массы при низких температурах посредством выделения ее летучих веществ. Таким образом, трактовка процесса горения сланцев идентично горению угля не может привести к цели. Ввиду специфических свойств горючих сланцев и комплексности

проблемы их сжигания, автор диссертации провел дополнительное изучение свойств сланца, а затем и исследование процесса сжигания мелкого сланца в лабораторной опытной установке производительностью до 125.000 ккал/ч. Исследовательская работа была выполнена на сланце-кукерсите, одном из старших по геологическому возрасту горючих сланцев. Этот сланец является основным видом энергетического топлива в Эстонской ССР.

О методике исследования и проведении опытов отмечаем следующее.

Результаты химического анализа недостаточны для выявления механизма процесса горения топлива с такими специфическими особенностями, которые свойственны горючему сланцу. Поэтому изучалась и петрографическая структура свежего и подвергнутого обогреванию сланца-кукерсита способом микроскопического анализа. При этом было проведено исследование микрошлифов вертикальных и горизонтальных разрезов всех пластов промышленной пачки данного сланца, затем определялось содержание органического вещества, терригенного материала и карбонатов в пластовых пробах, их химические характеристики, удельные веса и пористость массы.

Ввиду существенной роли аэродинамических факторов в процессе горения топлива в кипящем слое и в условиях аэрофонтанирования, были исследованы геометрические характеристики кусков горючего сланца методом непосредственного определения основных размеров кусков: по 100 кусков фракции — 10, 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, и 50—65 мм.

С другой стороны, способом полукоксования горючего сланца величиной фракции 1,4—2,1 мм во вращающейся лабораторной опытной реторте с электрическим обогревом изучались количественные и качественные характеристики процесса полукоксования, имеющие решающее значение при разрешении проблемы сжигания этого топлива.

Исследование процесса сжигания мелкого сланца — кукерсита проведено на лабораторной опытной модели топки методом вариации независимых параметров процесса $\alpha_{\text{ген}}$ и относительной скорости дутья $w_{0(\text{ген})}$, причем

$\alpha_{\text{ген.}} = \frac{L_{\text{ген.}}}{L_0}$. В опытах также сводился тепловой баланс установки. Опытная топка состояла из двух цилиндрических камер, из которых нижняя являлась газогенератором с кипящим слоем (I ступень), а верхняя — камерой дожигания горячего газа и летучего кокса (II ступень). Внутренний диаметр газогенератора в 205 мм был в 60 раз больше размера наибольших фракций сжигаемого сланца. Высота генератора 980 мм. Живое сечение дутьевой решетки примерно 1%. Центр топливоподающего шнека диаметром в 80 мм размещен на расстоянии 250 мм от верхней кромки решетки для того, чтобы подача свежего топлива осуществлялась за пределами зоны горения. Выпадающая зола удалялась при помощи шнека диаметром в 58 мм. Камера дожигания имела внутренний диаметр 340 мм и высоту 960 мм. К камере дожигания примыкала камера улавливания летучей золы; мелкие фракции летучей золы оседали на поворотах после первого и второго пучка трубок теплообменника. В качестве подсобного оборудования применялись вентиляторы первичного и вторичного воздуха, а также калориферы на обоих воздухопроводах. Опытная установка была также оборудована четырьмя группами измерительных участков (по 13 точек каждая) для забора проб газа и кокса, а также для измерения тяги и дутья и пирометрирования процесса. Помимо означенного были предусмотрены измерения параметров воздушного дутья (t , p), отходящих газов (t и состав) и температуры холодных спаев термопар.

При исследовании процесса сжигания мелкого сланца величиной фракции до 3,5 мм производились анализы проб топлива, кокса, золы и газа, в том числе и определение гранулометрического состава топлива и золы.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

А. Исследование свойств горючего сланца-кукерсита

Горючий сланец-кукерсит ориентировочно можно рассматривать как дисперсную систему, где в качестве фазы

фигурируют микрогнездышки органического вещества, наподобие остатков синезеленых водорослей. Средой системы является скелет из терригенного материала и отложений карбонатов кальция. Означенные микрогнездышки имеют величину 20—140 микрон и, в зависимости от величины, содержат от 10 до 30 микрозернышек размером 3—6 микрон. Терригенный материал состоит, главным образом, из частиц величиной 2—6 микрон, причем отдельные зернышки кварца достигают величины 300 микрон.

Надлежит отметить, что гнездообразное размещение органического вещества в негорючем минеральном скелете свойственно не всем видам горючих сланцев. Например, исследование микрошлифов горючего сланца диаллинского месторождения Азербайджанской ССР показало разбросанность отдельных микрозернышек органического вещества по всему сечению шлифа.

Обследование микрошлифов кусков горючего сланца — кукерсита, подвергнутых обогреванию 380—400 °С, показало расплывание битума по внутренним порам куска. Эта температура соответствует температуре пиробитумизации этого топлива. При температуре 500 °С наблюдалось отсутствие органического вещества в его первоначальном местоположении, чем подтверждается и почти полное отсутствие первичной золы в этом топливе. Важно отметить, что в виде битуминозного покрытия на стенках пор негорючего минерального скелета оседает примерно 15% органического вещества сланца-кукерсита. Необходимо подчеркнуть также, что ввиду значительно меньшей механической прочности кусков сланца в поперечном направлении пласта по сравнению с прочностью на разрыв в продольном направлении, в период бурного выделения летучих веществ в поперечном сечении кусков образуются извилистой формы каналы овального сечения размером до 1—2 мм и с прямолинейным выходом глубиной до нескольких миллиметров, по которым идет выделение летучих веществ. Это важно не только с точки зрения процесса горения сланца, но также и улавливания и отвода летучих веществ при осуществлении подземной газификации сланца.

Обследование результатов определения теплотворной

способности сланца-кукерсита за продолжительный период времени (5 лет) показало, что теплотворная способность сухой массы горючего сланца-кукерсита прямо пропорциональна содержанию органического вещества, что свидетельствует о постоянстве теплотворной способности органической массы этого топлива и о зависимости теплотворной способности топлива от зольности и влажности.

Исследование геометрических характеристик кусков сланца-кукерсита вышеназванной величины фракций показало, что куски бывают кубообразной, плитчатой, пластинчатой, столбчатой, удлиненно-плитчатой и удлиненно-пластинчатой формы, причем преобладающей формой является удлиненно-плитчатая форма куска. Рассматривая линейные, квадратные и кубические размеры кусков в зависимости от ширины куска «а» получаем соотношения $a = 1,43 b$, $c = 0,64 b$, $d_э = 1,13 b$, $F \cong b^2$, $S = 3,76 b^2$, $V \cong 0,38 b^3$, а удельная поверхность куска $\frac{S}{G}$ определяется из уравнения

$$\frac{S}{G} = \frac{F_{уд.}}{\gamma_k b} \frac{см^2}{г} \text{ или } \frac{м^2}{кг},$$

причем a — длина куска, $d_э$ — диаметр круга эквивалентной площади, F — площадь проекции, образованная длиной и шириной куска, S — внешняя поверхность, V — объем, $F_{уд.}$ — коэффициент удельной поверхности и γ_k — кажущийся удельный вес топлива. Действительный удельный вес проб сланца по результатам данного опыта $\gamma_d = 1,64$, кажущийся удельный вес $\gamma_k = 1,35$, пористость 18%. То же для проб сланца, подвернутых обогреву до $400^\circ C$: $\gamma_d = 1,6$, $\gamma_k = 1,1$ и пористость 32%.

Как показали опыты по полукоксованию горючего сланца-кукерсита величиной фракции 1,4—2,1 мм во вращающейся лабораторной реторте с электрическим обогревом при конечной температуре процесса $600^\circ C$, выход летучих веществ составлял в среднем 82,5% от теплотворной способности топлива. При этом примерно 80% летучих веществ выделялось в виде конденсирующихся фракций, имеющих теплотворную способность $Q^B = 9600$ ккал/кг и удельный

вес 0,955. Остаток 20% представлял собой газ со средней теплотворной способностью 5500 ккал/м³. Из-за постепенного понижения содержания тяжелых углеводородов с возрастанием температуры процесса наблюдалось падение теплотворной способности газа и последняя составляла в стадии завершения процесса лишь 2000 ккал/м³. Существенно отметить, что основное выделение летучих веществ — 80% от общего выхода происходило в интервале температур $400—520^\circ C$, причем средняя теплотворная способность парогазовой смеси в этот период бурного выделения летучих веществ равнялась 46000 ккал/м³. Эта особенность характеристики термической деструкции сланца-кукерсита играет решающую роль с точки зрения разработки рационального метода сжигания данного многозольного твердого топлива.

Учитывая геометрические характеристики кусков сланца-кукерсита, а также хрупкость кусков в направлении залегания пластов и частичное разрушение минерального скелета в процессе полукоксования, величину удельного сечения выхода летучих веществ для ориентировочного расчета скорости их выхода можно определить из уравнения

$$F_{л.в.} = 0,55 \frac{S}{G} \frac{\gamma_d - \gamma_k}{\gamma_d} \frac{см^2}{г},$$

причем $\frac{S}{G}$ — величина удельной поверхности частицы.

Б. Исследование сжигания мелкого сланца-кукерсита в лабораторной опытной топке с кипящим слоем

Процесс в газогенераторе с кипящим слоем на сланце-кукерсите можно рассматривать как совокупность действия подготовительной зоны и зоны горения. Процессу в подготовительной зоне свойственно почти полное отсутствие химических реакций и эта зона служит гидродинамическим регулятором рециркуляции твердых частиц с различной стадией превращения, а также и камерой перемешивания рециркулирующих частиц со вновь поступающим свежим топливом. Газообразование осуществляется, главным образом, в пределах зоны горения, где образуются двуокись и окись угле-

рода, выделяются летучие вещества, пирогенная влага и происходит горение водорода. Таким образом, сланцевый газ из генератора с кипящим слоем является смесью летучих веществ и продуктов горения, выпадающих в зоне горения твердых частиц и неполного сгорания кокса-уноса и летучих веществ. Высокая эффективность процесса достигается скоростным разогреванием топлива, выделением летучих веществ в зоне горения первой ступени топki и перемещением фазы догорания кокса-уноса во вторую ступень процесса. Основой скоростного сжигания сланца, как и главным фактором в проблеме его сжигания, следует рассматривать осуществление процесса в кислородной зоне по принципу убывания концентрации кислорода и возрастания теплотворной способности горючей смеси газов. Этим предотвращается возможность шлакования негорючей минеральной массы топлива и достигается ее обжиг в ценное вяжущее вещество для строительства.

Независимыми параметрами процесса газификации горючего сланца в кипящем слое являются скорость воздушного дутья $w_{o(ген.)}$ и $\alpha_{ген.}$ — соотношение между количеством воздуха, идущим на процесс газообразования, и количеством воздуха, необходимым для полного сжигания сланца. При постоянном $\alpha_{ген.}$ производительность газогенератора пропорциональна $w_{o(ген.)}$. Зависимость кажущегося теплового напряжения газогенератора от $w_{o(ген.)}$ и $\alpha_{ген.}$, в первом приближении, можно определить уравнением:

$$Q_{ген.} = k \frac{w_{o(ген.)}}{\alpha_{ген.}} \text{ ккал/м}^2\text{ч},$$

причем k — константа процесса $\left(\frac{\text{ккал сек}}{\text{м}^2\text{ч м}}\right)$,

$w_{o(ген.)}$ — скорость воздуха на свободное сечение генератора при 0°C и 760 мм $\left(\frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)$ и

$\alpha_{ген.}$ — фактор, которому обратно пропорциональна скорость процесса в кипящем слое и который идентичен коэффициенту удельного потребления воздуха на газогенераторный процесс.

Параметрами однозначности процесса являются $\alpha_{ген.}$, $h_{кип.}$, $\delta_{фр.}$, Q_p'' и t_v , причем $h_{кип.}$ — высота кипящего слоя, $\delta_{фр.}$ — гранулометрический состав топлива, Q_p'' — теплотворная способность рабочего топлива, t_v — температура воздуха. Фактором, определяющим безшлаковочный режим работы генератора, является температура процесса $t_{ген.}$, зависящая как от $h_{кип.}$ и $\delta_{фр.}$ (параметров кратности рециркуляции частиц топлива), так и от кажущейся тепловой нагрузки поперечного сечения генератора, качества топлива и температуры воздушного дутья.

Устойчивая работа установки наблюдалась в диапазоне температур от $600 - 1000^\circ\text{C}$ при величине $\delta_{фр.}$ $3,5 \text{ мм}$. В зависимости от $\alpha_{ген.}$ теплотворная способность газа, в среднем по опытам, была в пределах $500 - 2000 \text{ ккал/нм}^3$ и выше. Теплотворная способность кокса в кипящем слое, над зоной горения, была примерно в пределах $500 - 900 \text{ ккал/кг}$. Коэффициент избытка воздуха топочного процесса в целом равнялся в среднем $1,12$, если не учесть нескольких опытов с явно завышенной подачей воздуха во вторую ступень топki. Кажущееся тепловое напряжение газогенератора было $2,0 - 4,0 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2\text{ч}$ или $2,3 - 4,6 \cdot 10^6 \text{ ккал/м}^2\text{ч}$ зеркала горения решетки. Тепловой баланс первой ступени топочного процесса показал, что основным компонентом в статье расхода является теплотворная способность газа порядка до 60% и выше. Во второй ступени топki происходит дожигание горячего сланцевого газа со значительной примесью кокса. Коэффициент полезного действия топочного процесса равнялся примерно $93 - 94\%$ или без учета потерь тепла на разложение карбонатов — $96,5 - 97,5\%$. В данном случае тепло на разложение карбонатов не следует считать потерей, так как зола представляет ценность для использования в качестве строительного вяжущего. Размолотая зола тониной помола $R_{70} = 1 - 2\%$ характеризуется следующей механической прочностью кубиков после 28-суточного схватывания: зола из-под генератора 116 , зола-унос I (грубые фракции) $197,6$ и унос II (мелкие фракции) 333 кг/см^2 , причем ориентировочное количество золы-уноса было (в зависимости от гранулометрического состава топлива, ско-

рости дутья и высоты кипящего слоя) от 28 до 77% от общей зольности исходного топлива. Количество золы-уноса I было 10,3 — 39,0% и уноса II — 9,0—42,0%. Размолотая зола-унос из газогенератора имеет равномерность изменения объема во влажной атмосфере. При выдерживании образцов-лепешек из означенной золы около 10 суток во влажной атмосфере они имели равномерность изменения объема и в воде.

IV. ВЫВОДЫ

Анализ результатов проведенного исследования свойств горючего сланца-кукерсита, процесса его сжигания в лабораторной опытной топке с кипящим слоем, а также сопоставление результатов работы с достижениями других исследователей, позволяют сделать следующие выводы:

1. Теория горения сланца есть совокупность учения о термическом преобразовании этого твердого топлива и сжигания продуктов превращения. Проблема сжигания сланца разрешается рациональными сочетаниями термической подготовки и процесса горения в комплексном топочном процессе при скоростном прохождении последнего с бесшлаковочным режимом и превращением негорючего минерального балласта в высококачественное вяжущее для строительства.

2. Исследование структуры горючего сланца-кукерсита в целях выявления природы этого полезного ископаемого с точки зрения разработки новой технологии переработки или методов сжигания этого топлива показало гнездообразное распределение органического вещества в пористой массе из отложений карбонатов кальция и терригенного материала, величину их микрозернышек, улетучивание органического вещества из его первоначального местоположения при обогреве до 500°C и «оседание» незначительной доли (порядка 15%) горючей массы в порах негорючего минерального скелета. Выход летучих веществ происходит главным образом, в продольном направлении пласта, сопровождается

разрушением структуры и образованием извилистых каналов размером до 1—2 мм. Пористость сланца-кукерсита равна в среднем 18% и возрастает при обогреве до 400°C до 32%. Горючему сланцу-кукерситу свойственно почти полное отсутствие первичной золы.

3. Исследованием геометрических характеристик кусков сланца-кукерсита выявлено, что наиболее распространенной формой кусков в пределах фракции от 5—65 мм является удлиненно-плитчатая форма куска, причем площадь проекции оптимального сечения приблизительно равна квадрату ширины куска «в», объем куска равен 0,38 в³, внешняя поверхность частицы 3,76в² и удельная поверхность частицы $\frac{S}{G} = \frac{F_{уд.}}{\gamma_k b}$, причем $F_{уд.}$ — константа удельной поверхности частицы.

4. Специфические особенности процесса горения сланца: бурное выделение основной горючей массы в виде летучих веществ с весьма высокой теплотворной способностью в период разогревания массы топлива и их горение в межкусковом пространстве вызывали шлакование частиц топлива при слоевом и факельном процессах и не позволяли применять скоростные режимы работы установок на горючих сланцах. На основе выдвинутого автором принципа сочетания фаз горения, сжигание горючего сланца рационально организовать двуступенчатым способом, причем первый этап процесса осуществляется с вертикальным распределением фаз горения и подводом воздуха противотоком направлению движения слоя или газификацией топлива в кипящем слое. Существенно отметить постепенное убывание веса и приблизительное постоянство объема частиц сланца в ходе процесса горения.

5. Доказана рациональность проведения исследования процесса сжигания горючего сланца в кипящем слое методом вариации независимых параметров процесса $\alpha_{ген.}$ и скорости дутья $w_{o(ген.)}$, принимая в качестве параметров однозначности $\alpha_{ген.}$, высоту кипящего слоя $h_{кип.}$, гранулометрический состав топлива, его теплотворную способность и температуру воздуха.

6. Результатами опытов доказана возможность применения скорости дутья на полное сечение слоя до 0,86 м/сек и выше (при 0°C и 760 мм рт. ст.) или до 3,24 м/сек при температуре процесса, причем скорость воздуха на выходе из живого сечения решетки доводилась до 100 м/сек.

7. Скорость процесса газообразования из сланца-кукерсита в газогенераторе с кипящим слоем прямо пропорциональна константе газообразования k , скорости дутья $w_{o(ген.)}$ и обратно пропорциональна фактору $\alpha_{ген.}$. Кажущаяся удельная тепловая нагрузка установки выражается уравнением

$$Q_{ген.} = k \frac{w_{o(ген.)}}{\alpha_{ген.}} \text{ ккал/м}^2\text{ч},$$

причем в условиях опытов, проведенных в газогенераторе с цилиндрическим профилем камеры, при $w_{o(ген.)} = 0,24—0,86$ м/сек и $\alpha_{ген.} = 0,38—1,02$ коэффициент «к» равнялся $3,2 \cdot 10^6$ ккал/мч, кажущееся тепловое напряжение $Q_{ген.}$ достигло $4,0 \cdot 10^6$ ккал/м²ч, то же зеркала горения решетки — до $4,6 \cdot 10^6$ ккал/м²ч.

Высокая интенсивность процесса газообразования в зоне горения газогенератора с кипящим слоем на горючем сланце-кукерсите вызвана прохождением данного процесса в турбулентной или близкой к ней области омывания частиц топлива. Этим обуславливается скоростной разогрев топлива и выделение летучих веществ, а также интенсификация гетерогенного горения, подогрева воздуха и охлаждения золы.

8. Исследованием процесса сжигания горючего сланца-кукерсита в лабораторной опытной топке с кипящим слоем доказано, что наряду с высокой интенсивностью этот топочный процесс имеет и весьма высокий коэффициент полезного действия порядка 96,5—97,5%, причем коэффициент избытка воздуха (конечный) равнялся в среднем 1,12 и наиболее рациональной оказалась высота кипящего слоя 400—450 мм.

9. Существенную роль играют в процессе с кипящим слоем на сланце гранулометрический состав топлива, высота кипящего слоя и температура первичного дутья. При данных опытах последняя была 30—40°C и 120°C, повыше-

ние температуры воздуха в этих пределах сказывалось на процессе положительно.

10. Дальнейшими исследованиями основ процесса газообразования из горючего сланца в кипящем слое надлежит подробно изучать аэродинамические и тепловые факторы этого процесса, позволяющие раскрыть константу процесса «к», режим аэрофонтанирования, равно как и оптимальные условия обжига негорючей минеральной массы в вязущее для строительства.

V. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты исследования свойств горючего сланца-кукерсита и процесса его сжигания в лабораторной опытной топке с кипящим слоем позволяют рекомендовать:

1. Организовать сжигание горючего сланца в строго поточном процессе с противоточным передвижением топлива и окислителя или в кипящем слое.

2. Развитие двуступенчатого метода с кипящим слоем как рационального, скоростного способа сжигания мелкого горючего сланца в промышленных установках большой и малой мощности с совместным обжигом негорючего минерального балласта в вязущее для строительства. Для этого необходимо проведение опытов на полупромышленной, опытной установке.

3. Работу второй ступени топочного процесса — дожигание горячего сланцевого газа и кокса рационально организовать в порядке вихревого очага горения, обеспечивающего не только безостаточное выгорание, но и оптимальность по времени пребывания твердых частиц в зоне высокой температуры. Последнее играет важную роль с точки зрения получения качественного обжига негорючей минеральной массы топлива.

4. Применение метода микроскопического анализа для изучения природы твердого топлива и продуктов его превращения, в особенности, в случае разрешения проблемы сжигания многозольного топлива с использованием зольного остатка или при разработке энерготехнологических методов переработки данного топлива.

5. Методику определения удельной поверхности кусков горючего сланца-кукерсита до величины фракции 65 мм на основе результатов ситового анализа и на основе удлиненно-плитчатой формы кусков коэффициент для ориентировочного расчета скорости витания частиц этого топлива.

6. Подробное изучение термических характеристик, играющих решающую роль при развитии новой техники сжигания топлив с большим выходом летучих веществ.

7. Существенным практическим мероприятием при освоении топок с кипящим слоем на горючем сланце необходимо выдвинуть вопрос автоматического регулирования подачи топлива, подвода воздуха и удаления золы из-под газогенератора.

