

## ДИНАМИКА НАГРЕВА И НЕКОТОРЫЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛАНЦА-КУКЕРСИТА

К. А. КУЙВ

Основным звеном в цепи мероприятий по комплексному использованию прибалтийского сланца-кукерсита является его термическая переработка. Большинство современных исследований посвящено изучению механизма процессов термического разложения органической и минеральной массы сланца при его переработке. Важнейшему же вопросу изучения динамики нагрева и основных теплофизических свойств кукерсита в специальной литературе уделено весьма мало внимания. Недостаточность познаний в этой области является серьезным пробелом в разработке научных основ технологии термической переработки сланца и чувствительно сказывается на современном уровне его использования.

По своей структуре сланец-кукерсит представляет собой сложную дисперсную систему (1), которая обладает существенным тепловым сопротивлением и подвержена значительным физическим и химическим изменениям в процессе нагрева. Указанным явлениям сопутствует изменение роли различных источников передачи тепла (кондуктивная теплопроводность, теплоизлучение, конвективный теплообмен с потоком выделяющихся парогазовых продуктов) на разных стадиях прогрева сланца, а также наличие соответствующих эндо- и экзотермических эффектов (2, 3).

Поэтому основой для проведения реального теплового расчета процессов и аппаратов термической переработки сланца могут служить лишь определенные суммирующие (так называемые эффективные) показатели, характеризующие теплофизические свойства сланца в заданном интервале температур.

В немногочисленных литературных источниках (4-6) \* приводятся данные о термических показателях (теплопроводность, температуропроводность) непосредственно для неизменяемого вещества сланца, полукокса и кокса без учета воздействия указанных выше факторов. Соответствующие теплофизические константы для них определены лишь при невысоких температурах (до 150°). Исключение составляют только неопубликованные работы И. Л. Фарберова и Е. С. Авдониной, а также работа С. П. Голгер (ИГИ АН СССР), в которых приводятся результаты определения теплопроводности кукерсита при высоких температурах (до 900°).

Весьма ограничены и отрывочны также сведения о температуропроводности сланца. Между тем даже простейшие расчеты для случая прогрева кускового сланца требуют уточнения именно этой термической кон-

\* К ним относятся также неопубликованные научные отчеты Р. Вальдека и др. (Институт энергетики АН ЭССР, 1954 г.), И. Эпика (Таллинский политехнический институт, 1949 г.), Г. Н. Скрынниковой и др. (ВНИИПС, 1955 г.).

станты. Совсе отсутствуют данные о тепловых свойствах слоя зернистого сланца, познание которых имеет чрезвычайно важное значение для разработки новой технологии термической переработки сланца.

Настоящая статья посвящена результатам изучения некоторых реальных теплофизических свойств сланца-кукерсита в одиночном куске и зернистом слое. Экспериментально исследовались динамика нагрева (нестационарный режим) и температурное поле в испытуемых образцах при установившемся тепловом режиме, в условиях, близких к практическим.

Особое внимание было уделено определению коэффициента теплопроводности сланца в куске и зернистом слое; последующая обработка материалов предоставила возможность приближенного определения (с несколько большей степенью погрешности) значений коэффициента эффективной теплопроводности сланца при различных температурах.

### Методика эксперимента

Специфическое поведение сланца-кукерсита при нагреве исключает возможность применения ряда хорошо испытанных методов непосредственного определения коэффициентов тепло- и теплопроводности твердых тел (<sup>7-10</sup>). В связи с этим в основу эксперимента, как уже указывалось выше, было положено изучение температурного поля в испытуемых образцах при различных тепловых режимах.

При разработке методики эксперимента представилось целесообразным прибегнуть к постановке и опытному решению линейной задачи и, именно, к частному ее случаю — распространения теплового потока в полуограниченном стержне при одностороннем его нагреве (или охлаждении). Подобная принципиальная задача детально рассмотрена А. В. Лыковым (<sup>7</sup>) (см. ниже). Переход от условий линейной задачи к реальному телу возможен без внесения существенной погрешности при учете условий нагрева и геометрической характеристики нагреваемого тела.

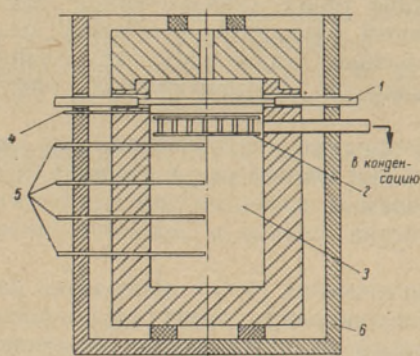


Рис. 1. Схема реактора при отборе продуктов термического разложения сланца в противотоке: 1 — силиновый нагреватель; 2 — экран для отвода продуктов; 3 — нагреваемый объект; 4 — термопара нагревателя (Pt — PtRh); 5 — хромель-алюмелевые термопары; 6 — наружный кожух

Опыты проводились в реакторе квадратного сечения (рис. 1), выполненном из шамота и заключенном в разборный шамотный кожух. Размеры внутренней (рабочей) части реактора  $87 \times 87 \times 120$  мм, максимальный рабочий объем —  $730 \text{ см}^3$ . Измерение температуры в образце, помещенном в реактор, осуществляется как по вертикали, так и в любой точке заданного горизонтального сечения с помощью градуированных хромель-алюмелевых термопар, вставленных в специальные отверстия в стенках реактора. Нагревательное устройство располагается в плоскости одной из торцевых стенок реактора. Оно включает нагревательный элемент из трех подключенных параллельно силиновых стержней и экран, выполненный из двух параллельных пластин жароупорной стали, соединенных между со-

ставленными между собой. Экран выполнен из двух параллельных пластин жароупорной стали, соединенных между со-

бой. В большинстве опытов тепло от нагревательного прибора передавалось на экран путем лучеиспускания, а от экрана к образцу — непосредственным контактированием.

Расположение нагревательного прибора регулировалось так, чтобы температура материала у стенок реактора была равна температуре в центре (т. е. на вертикальной оси симметрии) испытуемого образца на том же уровне по высоте. Неоднократная опытная проверка показала, что перепад температур от центра к стенке не превышал  $20^\circ$ , что при автоматическом регулировании температуры нагрева и принятой системе измерения температуры находится в пределах возможной погрешности. Таким образом, при проведении опытов была достигнута практически полная компенсация тепловых потерь через боковые стенки реактора в окружающую среду.

В качестве определяющей температуры опыта\* была принята температура в точке, удаленной от нижней пластины экрана на расстояние 3—4 мм (возможные отклонения от этой величины, составлявшие не более 1 мм, учитывались при обработке результатов). Тем самым исключалось влияние условий контактирования нагревателя с образцом и была решена одна из существенных методических задач при постановке подобного рода исследований.

Изучению подвергались образцы сланца шахты комбината «Кивийлы» (ЭССР) как в виде одиночных кусков, так и в насыпном зернистом слое (фракции 1—4, 4—7 и 7—12 мм). Влагосодержание целиков составляло от 1,0 до 1,4%, условное содержание органической массы 38—42%. В опытах с одиночным куском эвакуация продуктов термического разложения производилась на «горячую» сторону, т. е. в противотоке относительно направления распространения теплового потока.

Опыты с зернистым материалом указанных трех классов крупности проводились при различном влагосодержании сланца (воздушно-сухой  $W_p \cong 4\%$  и влажный  $W_p \cong 10\%$ ) и разных способах эвакуации парогазовой смеси — в противотоке и прямотоке. Содержание органической массы (условное) составляло для сланцевой мелочи от 30,9 до 32,3%, коэффициент пористости слоя колебался от 0,35 для фракции 7—12 мм до 0,37 для фракции 1—4 мм.

Температура греющей поверхности (т. е. определяющая температура опыта) в различных сериях опытов поддерживалась при помощи автоматического регулятора на уровне 500, 600, 700 или  $800^\circ\text{C}$ . Показания термопар в точках измерения фиксировались через каждые 10 минут. Произведенные подсчеты показывают, что возможная величина суммарной погрешности, допускаемой при проведении эксперимента, составляет около 5—7%. Это обеспечивает возможность получения экспериментальных данных с точностью, достаточной для производства технических расчетов.

### Температурное поле при одностороннем нагреве сланца в одиночном куске и зернистом слое

Детальное изложение и обсуждение результатов экспериментального исследования температурного поля в куске или зернистом слое сланца при различных условиях нагрева явится предметом специального сооб-

\* В дальнейшем этот показатель будет обозначаться термином «температура греющей поверхности» —  $t_{гр}$ .

щения. На рис. 2, в качестве примера, представлен график распределения температуры в испытуемом образце для одиночного куска на различных расстояниях  $x$  от греющей поверхности при  $t_{zp} = 700^\circ$ . Каждая кривая из

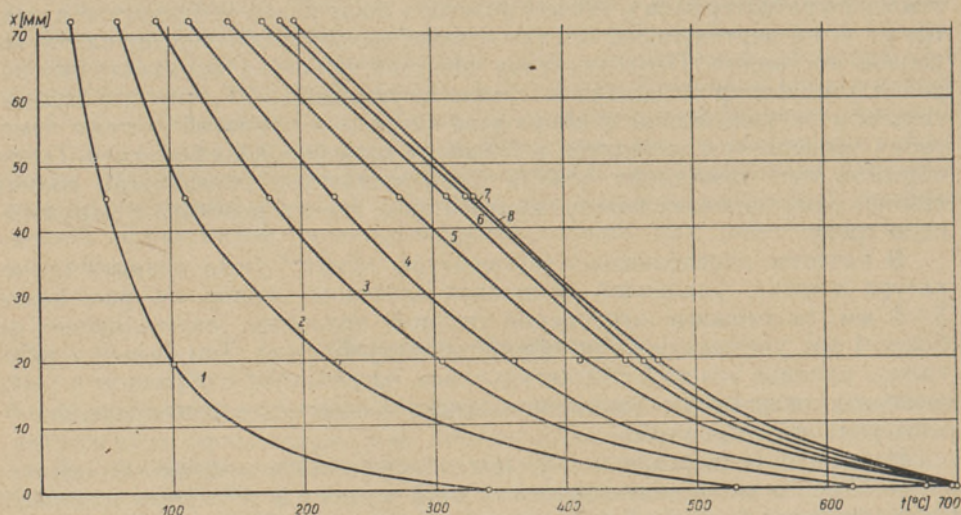
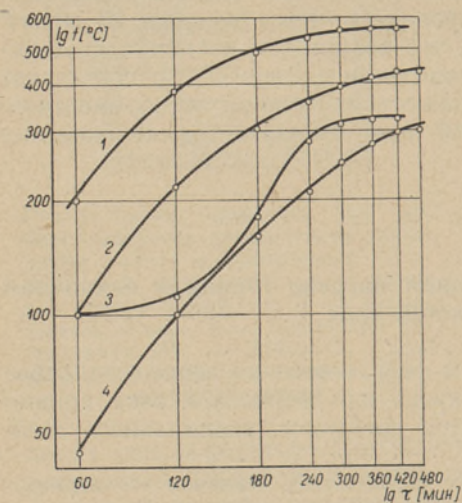


Рис. 2. Динамика изменения температурного поля в куске сланца в ходе нагрева ( $t_{zp} = 700^\circ$ ) при  $\tau$  равном: 1 — 60 мин.; 2 — 120 мин.; 3 — 180 мин.; 4 — 240 мин.; 5 — 300 мин.; 6 — 360 мин.; 7 — 420 мин.; 8 — 480 мин.

указанного семейства соответствует определенному отрезку времени  $\tau$  от начала опыта. Все кривые рис. 2 (за исключением крайней правой) соответствуют нестационарному тепловому режиму; крайняя правая кривая построена для установившегося (стационарного или, вернее, квазистационарного) теплового режима.

Характер температурного поля при нагреве целика и слоя различен. Об этом свидетельствуют кривые на графике рис. 3, построенном в логарифмических координатах  $t$  (температура) —  $\tau$  (время) для случая нагрева целика и слоя при  $t_{zp} = 700^\circ$ . Кривые 1 и 2 относятся к точкам,



удаленным от греющей поверхности на расстоянии  $x=20$  мм, кривые 3 и 4 — при  $x=50$  мм. Анализ указанных кривых показывает, что скорость прогрева слоя, особенно при незначительной его толщине, существенно выше скорости прогрева целика. Подъем температуры во времени в слое после стадии сушки (100—150°) происходит

Рис. 3. Динамика нагрева сланца в куске и зернистом слое при температуре греющей поверхности  $700^\circ$ . При  $x=20$  мм: 1 — зернистый слой (фракция 4—7 мм, отбор в противотоке,  $W_p \cong 10\%$ ); 2 — целик. При  $x=50$  мм: 3 — зернистый слой; 4 — целик.

более резко, нежели в целике. Аналогичные закономерности наблюдаются также при нагреве испытуемых объектов при других значениях температуры греющей поверхности в пределах изученного интервала 500—800°.

### Температуропроводность сланца

Величина температуропроводности позволяет характеризовать скорость изменения температурного поля в испытуемом образце при его нагреве (нестационарный тепловой режим). Как указывалось выше, знание коэффициента температуропроводности материала ( $a$ ) и влияния, которое оказывает на эту величину воздействие различных технологических факторов, является необходимым при проведении тепловых расчетов, связанных с термической переработкой сланца.

Основой для определения величины  $a$  по данным проведенных экспериментов является уравнение, характеризующее в общем виде процесс передачи тепла при нестационарном тепловом режиме:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где  $x$  — расстояние,  $\tau$  — время и  $t(x, \tau)$  — температура в данной точке тела при заданной продолжительности нагрева.

Для полуограниченного стержня при постоянной температуре его нагретой поверхности (граничное условие первого рода) в случае  $\tau > 0$  и  $0 < x < \infty$ , а также при краевых условиях

$$t(x, 0) = t_0; \quad t(0, \tau) = t_c = \text{const}; \quad \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow \infty$$

возможно найти величину  $t(x, \tau)$ , входящую в уравнение (1) и связанную со значениями  $t_c$  и  $t_0$ . Такое решение уравнения (1) дается А. В. Лыковым (7) и для случая нагрева стержня имеет вид:

$$\Theta = \frac{t_c - t(x, \tau)}{t_c - t_0} = \text{erf} \left( \frac{1}{2\sqrt{Fo_x}} \right), \quad (2)$$

где  $Fo_x = \frac{a\tau}{x^2}$  — критерий гомохронности Фурье для данной точки  $x$ . Числовое значение безразмерного температурного параметра  $\Theta$  может быть определено на основании экспериментальных данных, а значение критерия  $Fo_x$  для заданной  $\Theta$  — по приведенным А. В. Лыковым расчетным кривым.

Таким образом, из уравнения (2) может быть определена величина коэффициента температуропроводности  $a$  для заданных условий. Указанный метод использован автором настоящего сообщения для дальнейшей обработки результатов проведенных опытов. Следует указать, что сходная методика была с успехом применена при определении коэффициента температуропроводности каменных углей (11, 12).

При проведении соответствующих расчетов было учтено также, что на протяжении некоторого отрезка времени температура греющей поверхности  $t_{gp}$  не достигала заданной постоянной величины  $t_c$ , и в результаты расчетов были внесены соответствующие поправки. Исходные данные для определения величины  $a$  в некотором температурном интервале и при заданной температуре греющей поверхности могут быть получены при использовании динамических кривых нагрева типа изображенных на рис. 2 (изохроны в координатах  $x - t$ ). В этом случае рекомендуется выбрать кривую для такой стадии нагрева образца, при которой  $t_{gp}$

поддерживается на заданном уровне в течение достаточно продолжительного времени, но стационарное состояние системы еще не достигнуто.

Результаты определения коэффициента температуропроводности кускового сланца в зависимости от температуры изображены графически в виде кривых рис. 4. При этом значения  $a$  определены не для локальной, «точечной» температуры, а в пределах некоторого интервала температур (например 500—400, 500—300, 500—200° и т. д.). Это представляет известное удобство при проведении практических расчетов, которые относятся обычно к заданному температурному интервалу. В качестве аргумента на оси абсцисс (рис. 4) отложены не средние, а минимальные значения температуры для исследуемого интервала ( $t_x$ ). Подобное построение графика позволяет непосредственно использовать его при проведении технических расчетов. Следует указать, что использование в качестве аргумента среднего интегрального значения температуры (для данного интервала) не вносит существенных изменений в характер кривых.

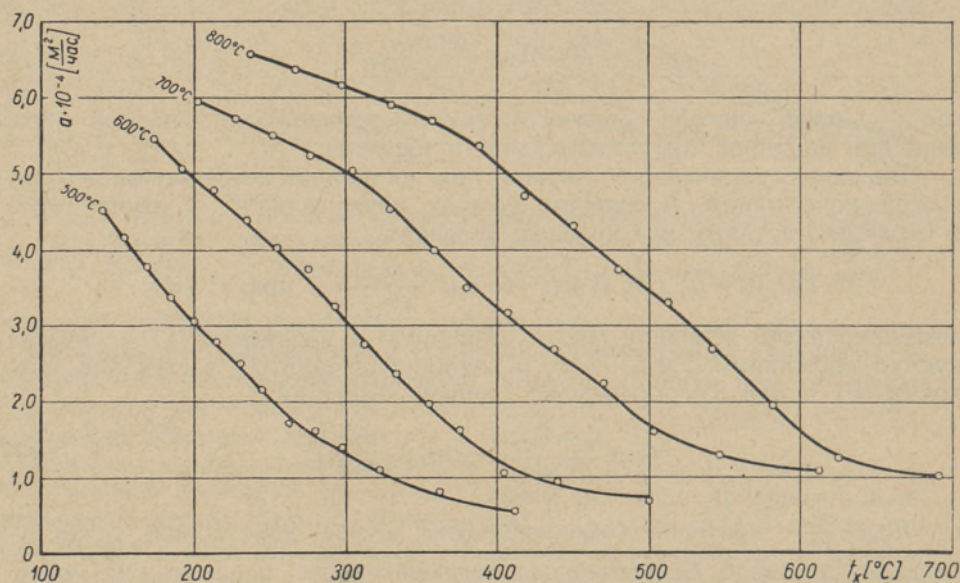


Рис. 4. Температуропроводность сланца при различных температурах греющей поверхности ( $t_{zp} = 500-800^\circ$ ).

Анализ представленного графика показывает, что с повышением температуры  $t_x$  при данной температуре греющей поверхности числовое значение коэффициента температуропроводности сланца снижается. Характер кривых для различных  $t_{zp}$  (от 500 до 800°) несколько изменяется; абсолютные значения  $a$  для одной и той же  $t_x$  увеличиваются с повышением температуры греющей поверхности. Отмеченные закономерности являются вполне закономерными.

Повышению температуры нагреваемого материала сверх определенного предела сопутствуют существенные структурные изменения. В зоне, нагретой до сравнительно высокой температуры (полукоксы, кокс), значительно увеличивается количество микропор и трещин. Размеры же последних сколько-нибудь существенно не изменяются. В результате, процесс передачи тепла путем лучеиспускания интенсифицируется очень

незначительно (<sup>10, 13</sup>), а эффективность передачи тепла за счет взаимного контактирования твердых частиц ослабевает; возрастает роль низкоинтенсивного переноса тепла за счет незначительной теплопроводности заполняющего поры газа.

Увеличение числовых значений  $a$  по мере повышения  $t_{zp}$  объясняется совокупным действием двух факторов. С одной стороны, с повышением температуры (особенно сверх 500—600°) в целом усиливается передача тепла лучеиспусканием, с другой — увеличивается разность температур ( $t_c - t_x$ ) для данного  $x$  (см. уравнение (2)), стимулирующая увеличение абсолютного значения  $a$ .

Результаты определения коэффициента температуропроводности для слоя зернистого сланца различной крупности ( $W_p \cong 10\%$ , эвакуация парогазовых продуктов в противотоке) изображены графически на рис. 5. На оси абсцисс также отложены значения  $t_x$ . Нанесенные на графике экспериментальные данные показывают, что кривые для отдельных значений  $t_{zp}$  практически продолжают друг друга. Поэтому на рис. 5 для

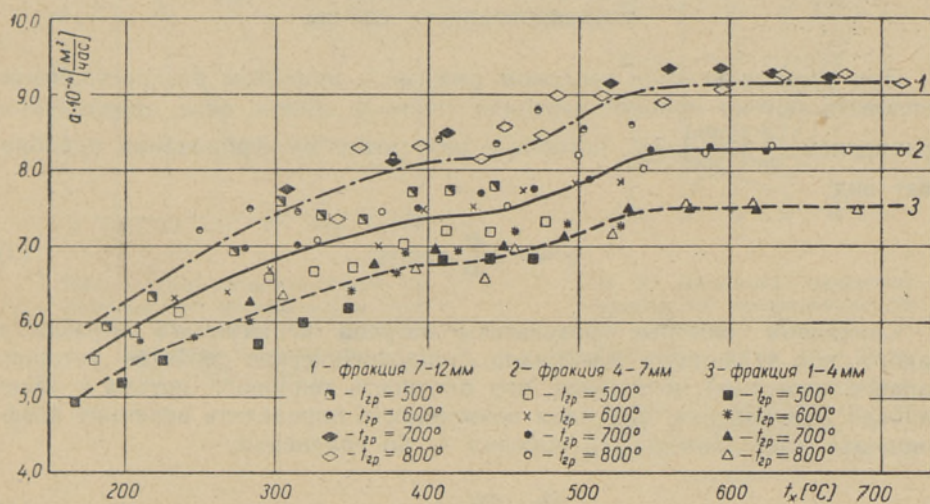


Рис. 5. Влияние крупности зерен на температуропроводность слоя ( $W_p \cong 10\%$ , отбор в противотоке).

всего интервала температур греющей поверхности (500—800°) построена единая кривая для каждого класса крупности. Рассмотрение приведенных кривых отчетливо показывает влияние крупности зерен сланца на температуропроводность слоя. Вследствие увеличения размеров макропор, по мере увеличения крупности зерен возрастает также интенсивность передачи тепла излучением. Поэтому наиболее высокие значения  $a = f(t)$  отмечаются для фракции 7—12 мм, наименьшие — для слоя с размерами зерен 1—4 мм.

Расхождение между кривыми увеличивается с повышением температуры, что наглядно свидетельствует о роли лучеиспускания. На кривых рис. 5 особенно отчетливо видны изменения в их профиле, обусловленные эндотермическим эффектом в зоне полукоксования (прогибы в интервале температур 400—500°).

В рамках одной статьи не представляется возможным детально остановиться на влиянии других изученных факторов на величину темпера-

туропроводности зернистого слоя. Следует ограничиться замечанием, что снижению влажности сланца сопутствует увеличение абсолютных значений  $a$ . Эвакуация продуктов термического разложения сланца в прямом потоке является причиной снижения температуропроводности слоя.

Сравнение кривых рис. 4 и 5 указывает на различие в характере передачи тепла в целике и зернистом слое сланца, обусловленное структурой рассматриваемых дисперсных систем. При сравнительно низких температурах числовые значения  $a$  для целика и слоя примерно сопоставимы; по мере повышения температуры значение  $a$  для куска снижается до  $0,7 \div 1,0 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/час, а для слоя (средняя фракция 4—7 мм) достигает  $7 \div 10 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/час. Тем самым подтверждаются соображения о несомненных достоинствах методов переработки зернистого сланца в слое по сравнению с крупнокусковым с точки зрения интенсивности передачи тепла (особенно при высоких температурах).

### Приближенное определение коэффициента эффективной теплопроводности сланца

При установившемся тепловом режиме и линейном распространении теплового потока процесс передачи тепла в общем виде определяется уравнением  $\frac{d}{dx} \left( \lambda \frac{dt}{dx} \right) = 0$ , которое в результате интегрирования приобретает вид:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} = \text{const.} \quad (3)$$

Сравнивая опытные результаты нагрева испытуемого образца и какого-либо эталонного материала (теплофизические свойства которого заранее известны), и полагая, что плотность теплового потока в обоих случаях равновелика, получаем возможность определить величину коэффициента теплопроводности образца  $\lambda_1$  по уравнению:

$$\lambda_1 = \lambda_2 \frac{dt_2}{dx_2} \cdot \frac{dx_1}{dt_1}. \quad (4)$$

Для рассматриваемых случаев плотность теплового потока  $q$  экспериментально не определялась. Трудно полагать, что при нагреве эталонного материала (в качестве которого был использован образец из шамота марки СШ-6 сорта Б), в условиях полностью аналогичных опытам со сланцем, величины  $q_1$  и  $q_2$  будут полностью адекватны. Однако при наличии данных о величине коэффициента температуропроводности  $a$  для образца и эталона представляется возможность оценить величину погрешности, допускаемой предположением о равенстве  $q_1$  и  $q_2$ . А. В. Лыков <sup>(7)</sup> при решении задачи о передаче тепла в полуограниченном стержне приводит следующее уравнение, связывающее указанные величины:

$$b = -\lambda \frac{t_c - t_0}{\sqrt{\pi a \tau}}. \quad (5)$$

Из этого уравнения определим величину  $a$ :

$$a = \frac{\lambda^2 (t_c - t_0)^2}{q^2 \pi \tau} \quad (6)$$



Если  $q_1 = q_2$ , то отношение  $a_1$  к  $a_2$  должно быть равно соотношению величин  $\frac{\lambda_1^2 (\Delta t_1)^2 \tau_2}{\lambda_2^2 (\Delta t_2)^2 \tau_1}$ . Расхождение между величинами этих соотношений должно характеризовать искомую степень погрешности, допущенной при определении коэффициента эффективной теплопроводности сланца в куске и зернистом слое описанным методом. Подсчеты показывают, что в ряде случаев эта погрешность не превышает 25—35% и полученные данные могут характеризовать изменение значений этой константы в различных условиях.

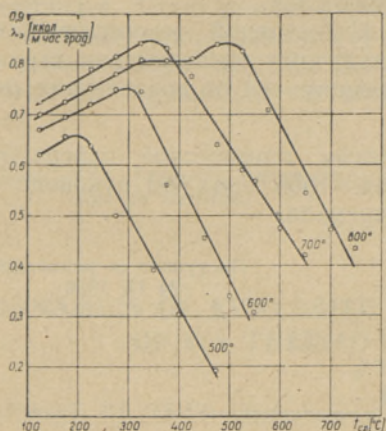


Рис. 6. Динамика изменения эффективной теплопроводности сланца при различных температурах греющей поверхности ( $t_{zp} = 500 - 800^\circ$ ).

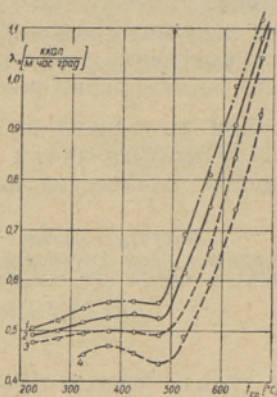


Рис. 7. Динамика изменения эффективной теплопроводности слоя зернистого сланца ( $t_{zp} = 700^\circ$ ;  $W_p \cong 10\%$ ). 1 — Фракция 7—12 мм; 2 — фракция 4—7 мм; 3 — фракция 1—4 мм (отбор в противотоке); 4 — фракция 1—4 мм (отбор в прямотоке).

На рис. 6 представлены кривые зависимости  $\lambda_a$  от средней температуры (в пределах интервала температур  $50^\circ$ ) для целика сланца-кукерсита при различной температуре греющей поверхности, построенные на основании обработки результатов проведенного эксперимента. Своеобразный характер кривых рис. 6 объясняется влиянием структурных изменений и температурного потенциала на интенсивность передачи тепла, подробно разобранным в предыдущем разделе настоящей статьи. Полученные величины  $\lambda_a$  находятся в пределах значений, определенных предыдущими исследователями (см. выше).

Погрешность, допускаемая при приближенном определении  $\lambda_a$  для слоя зернистого сланца, более значительна, нежели для целика. Однако полученные данные все же позволяют судить о характере изменения теплопроводности слоя под влиянием различных факторов. На рис. 7 в качестве примера приведены кривые зависимости  $\lambda_a$  от температуры для слоя зернистого сланца различной крупности при разных способах эвакуации парогазовой смеси и при  $t_{zp} = 700^\circ$  и влагосодержании исходного сланца  $W_p \cong 10\%$ . Характер полученных кривых диаметрально противоположен картине, наблюдаемой для целика (рис. 6).

## Заклучение

Приведенные в настоящем сообщении данные о температуропроводности сланца при различных температурах его термической переработки могут быть использованы для проведения практических расчетов различных технологических процессов и аппаратов сланцехимической промышленности. Результаты проведенного исследования свидетельствуют также о перспективности разработки новых технологических методов переработки мелкозернистого сланца с точки зрения интенсификации процессов передачи тепла, особенно — при относительно высоких температурах и небольшой толщине зернистого слоя.

Данные о величине коэффициента эффективной теплопроводности сланца в куске и зернистом слое при различных температурах характеризуют изменение этого показателя в зависимости от воздействия ряда технологических факторов.

Работа выполнена в секторе технологии термической переработки сланца Института химии АН ЭССР в 1954—1956 годах под руководством кандидата технических наук М. Я. Губергрица.

*Институт химии  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
24 IX 1956

## ЛИТЕРАТУРА

1. H. Tгуu, Põlevkivi-kukersiidi olemusest ja omadustest, «ENSV TA Toimetised», nr. 3, kd. III, 1954.
2. П. К. Когерман и др., Химия эстонских сланцев, ОНТИ ГХТИ, 1934.
3. Н. Л. Дилакторский, О. Г. Киррет, Ю. И. Эйзен, Термографический анализ горючего сланца-кукерсита, Изв. АН ЭССР, т. II, 1953.
4. В. В. Померанцев, Термические константы твердого топлива, Сб.: «Исследование процессов горения натурального топлива», Госэнергоиздат, 1948.
5. K. Luts, Der estländische Brennschiefer Kukersit, seine Chemie, Technologie u. Analyse, Reval, 1944.
6. J. M. Conderc, Les schistes bitumineux des liaix en Würtemberg du Sud, Oil Shale a. Cannel Coal, Vol. 2, p. 38, London, 1951.
7. А. В. Лыков, Теория теплопроводности, Гостехтеориздат, 1952.
8. Г. М. Кондратьев, Регулярный тепловой режим, Гостехтеориздат, 1954.
9. М. В. Кулаков, Метод и прибор для исследования тепловых свойств резиновых смесей, «Хим. промышленность», № 6, 1952.
10. А. Ф. Чудновский, Теплообмен в дисперсных средах, Гостехтеориздат, 1954.
11. Н. Н. Lowry (под ред.); L. C. McCabe, C. C. Boley, Physical Properties of Coals, Chemistry of Coal Utilization, Vol. 1, p. 310, New York — London, 1945.
12. F. T. Burke, B. E. W. Schumann, V. F. Barry, Physics of Coal Carbonisation, Proc. Amer. Gas Assoc., 12, p. 820, 1930.
13. L. Topper, Analysis of Porous Thermal Insulating Materials, Ind. Eng. Chem., Vol. 47, No 7, p. 1377, 1955.

## KUKERSIIDI KUUMUTAMISE DÜNAAMIKA JA MÖNINGAID SOOJUSFÜÜSIKALISI OMADUSI

K. KUIV

*Resümee*

Kukersiidil, nagu kõikidel disperssetel süsteemidel, on suur termiline takistus. Tema termilise töötlemise protsess on aeganõudev ja soojuse levimise mehhanism temas on äärmiselt komplitseeritud. Põlevkivi kuumutamise eksperimentaalse uurimise eesmärk oli selgitada temperatuuri-

välja kujunemist nii mittestatsionaarsel kui ka statsionaarsel soojuslikul režiimil. Selgus, et märksa kiiremini kui ühes põlevkivitükis kulgeb soojuse levik üksikutest põlevkivitükkidest koosnevas kihis.

Erinevatel temperatuuridel kuumutatavas põlevkivis moodustuva mittestatsionaarse temperatuurivälja andmete põhjal on arvatud temperatuuride tasandumise kiirust aines iseloomustav temperatuurijuhtivuse koefitsient nii üksiku põlevkivitüki kui ka põlevkivitükkidest koosneva kihi kohta ning esitatud tema väärtuste sõltuvus temperatuurist. Temperatuurijuhtivuse väärtustele toetudes on võimalik teostada mõningaid arvutusi soojuse leviku kohta põlevkivis selle termilisel töötlemisel vastavates töösusseadmetes. Siiani puudusid selleks igasugused arvutuslikud alused.

Kõrgematel temperatuuridel ( $< 800^{\circ}\text{C}$ ) põlevkivis soojuse edasikandumist iseloomustava efektiivse soojusjuhtivuse koefitsiendi sõltuvus temperatuurist on ligikaudselt arvatud tasandunud temperatuurivälja olukorras.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia  
Keemia Instituut*

Saabus toimetusse  
24. IX 1956

## DYNAMICS OF KUKERSITE OIL SHALE HEATING AND SOME OF ITS THERMO-PHYSICAL PROPERTIES

K. KUIV

*Summary*

Like all disperse systems, the Kukersite oil shale possesses a great thermal resistance. The process of its thermal treatment demands a considerable length of time, and the heat spreading mechanism within it is extremely complicated. The aim of the experimental investigation of oil shale heating is to elucidate the formation of temperature distribution under an unsteady as well as under a steady thermal state. It was proved that the spreading of heat develops notably quicker in a granular bed than in one whole piece of oil shale.

On the basis of data concerning the formation of unsteady temperature distribution in oil shale heated under different temperatures there has been computed the thermal diffusivity factor characteristic for the velocity of temperature distribution in one whole piece of oil shale as well as of a granular bed and there has been represented the dependence of its values on temperature. On basis of the values of thermal diffusivity it is possible to carry out some computations regarding the spreading of heat in oil shale under carbonization in corresponding industrial plants. Up to the present there was a complete lack of calculation bases for this purpose.

At higher temperatures ( $< 800^{\circ}\text{C}$ ) the dependence on the temperature of the effective thermal conductivity factor characteristic for the spreading of heat in oil shale is approximately computed in the condition of a levelled temperature distribution.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Chemistry*

Received  
Sept. 24, 1956