

**О ТЕПЛОПЕРЕНОСЕ В КАМЕРЕ
КОКСОВАНИЯ. СООБЩЕНИЕ 2: АНАЛИЗ
МОДЕЛИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА**

© 2011 Власов Г.А., д.т.н. (ЧАО "АКХЗ"),
Барский В.Д., д.т.н., Рудницкий А.Г. (УДХТУ)

Выполнен анализ полученной ранее математической модели теплопереноса в промышленной коксовой печи. Исследовано влияние основных технологических факторов и показано, что особенности температурных полей в коксовой загрузке могут рассматриваться в качестве одного из определяющих факторов при прогнозировании состава, качества и выхода ППП пиролиза угольной шихты и кокса.

The analysis is performed of mathematical model of carrying over of heat in industrial coke furnaces. Agency of the basic technology factors is investigated and shown, that features of temperature patterns in coke to loading can be observed in the capacity of one of defining factors at forecasting of composition, quality and exit steam and gas products of pyrolysis of a coal charge and coke.

Ключевые слова: камера коксования, температурные поля, математическая модель, анализ, основные факторы.

Разработанная модель теплопереноса [1] охватывает практически весь перечень факторов, которые в настоящее время можно измерить и, в той или иной мере, учесть в промышленных условиях:

1. Конструктивные особенности камеры коксования: конусность, ширина, высота и, через изменение дополнительного признака (насыпной плотности), длина.
2. Начальные температурные условия: температура греющих стен с учетом ее распределения по высоте обогрева, температура подсводового пространства, пода и загружаемой шихты.
3. Качественный и количественный состав шихты, ее гранулометрический состав, в т.ч. степень измельчения по содержанию класса 0-3 мм, насыпная плотность.
4. Качество коксемой шихты по данным технического (W^P , A^d , и V^{daf}) и пластометрического (y) анализов*.
5. Теплофизические свойства исходных углей.
6. Динамика выхода парогазовых продуктов (ППП), усадочных явлений, плотности твердого остатка пиролиза, теплоемкости и теплопроводности и, как следствие, температуропроводности загрузки.

Совместный анализ влияния всех факторов, включенных в модель теплопереноса в загрузке, дает слишком обширный материал. Из-за недостатка места здесь мы ограничимся демонстрацией температурных полей и их различий, возникающих при варьировании только некоторых из перечисленных выше параметров процесса – температуры низа и верха греющей стенки, насыпной плотности шихты и помола по содержанию класса 0-3 мм.

Расчеты проводили по программе, составленной по нашему алгоритму, для условий, представленных в таблице.

№ варианта	$t_{cr}(0)$	$t_{cr}(4,65)$	ρ_0	d_1
1	1200	1050	720	0,75
2	1200	1050	800	0,75
3	1150	1150	720	0,75
4	1200	1050	720	0,90

Для рассматриваемых вариантов взяли шихту со свойствами угля марки К и приняли (физический смысл показателей и их размерности – см. сообщение 1) [2]:

$$\begin{array}{lll} \tau_{Pi} = 24,0; & V^{daf} = 0,307; & A^d = 0,088; \\ V_{Pi,C} = 35 \cdot 10^{-8}; & W^P = 0,095; & \beta = 0,525; \\ & & y_{Pi,C} = 0,016; \\ & & \Delta = 6,0. \end{array}$$

* Здесь существенными оказываются вязкость образующейся жидкой фазы, как основы пластического состояния, и скорость продвижения пластического слоя от греющей стенки к осевой плоскости камеры.

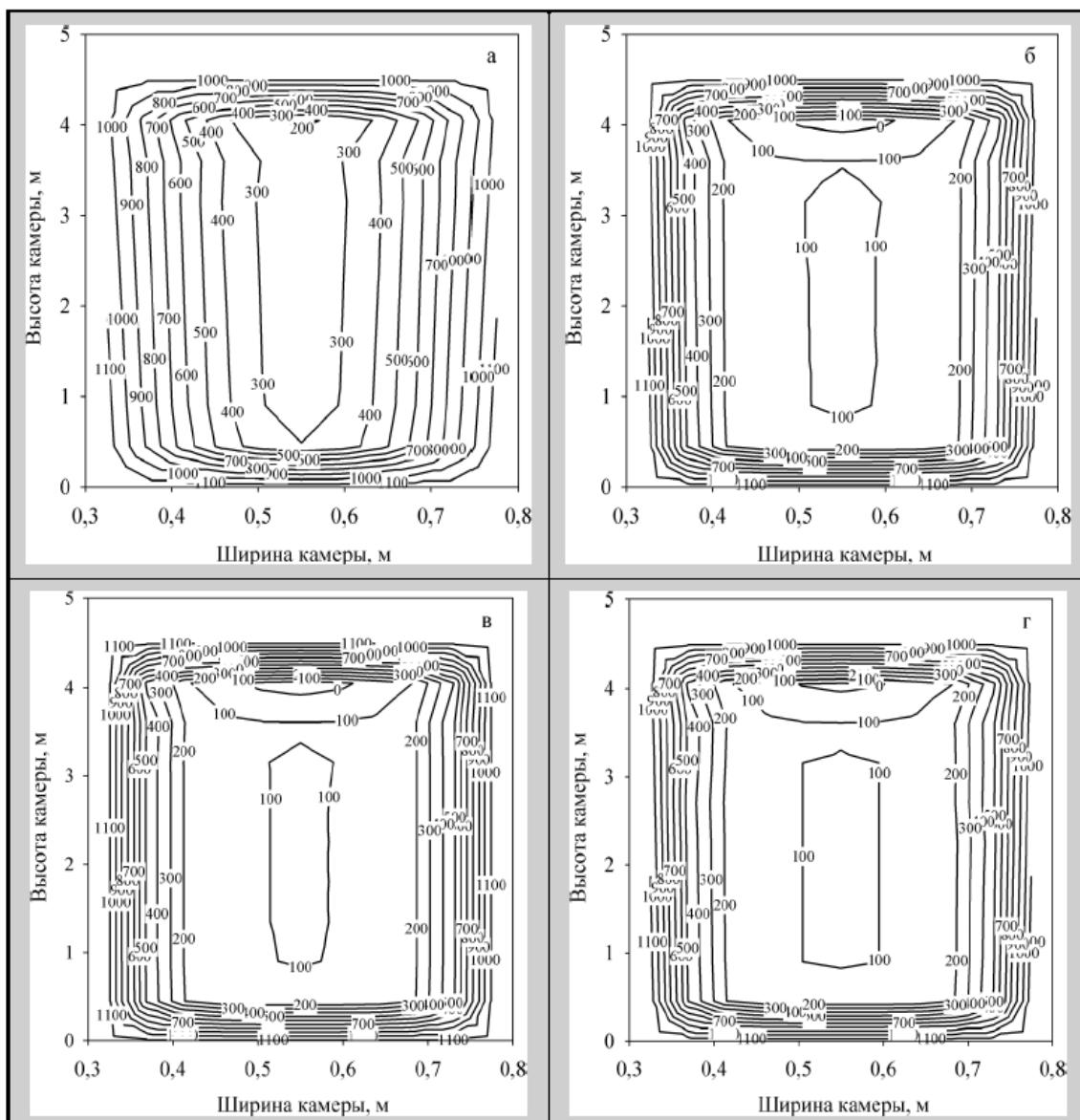


Рис. 1 Температурное поле в камере к концу 3^{го} часа коксования: а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3; г – вариант 4

Из сравнения температурных полей, установившихся в камере коксования к 3-му часу от начала процесса (рис. 1^{а,б,в,г,**}), видно:

** Контурные кривые (изотермы) представлены значениями $t = T - 273$, °С.

1. Контурные кривые как на вертикальных, так и на горизонтальных участках практически параллельны границам сечения камеры.

2. Выделяются две замкнутые области низких температур: с вертикальной осью (вдоль оси камеры) и с горизонтальной осью (в верхней части загрузки).

3. При увеличении насыпной плотности шихты эти области заметно расширяются.

4. Создание равномерного по высоте распределения температур и увеличение содержания класса 0-3 мм в шихте не приводит к заметным изменениям температурных полей, зафиксированных в конце 3-го часа коксования.

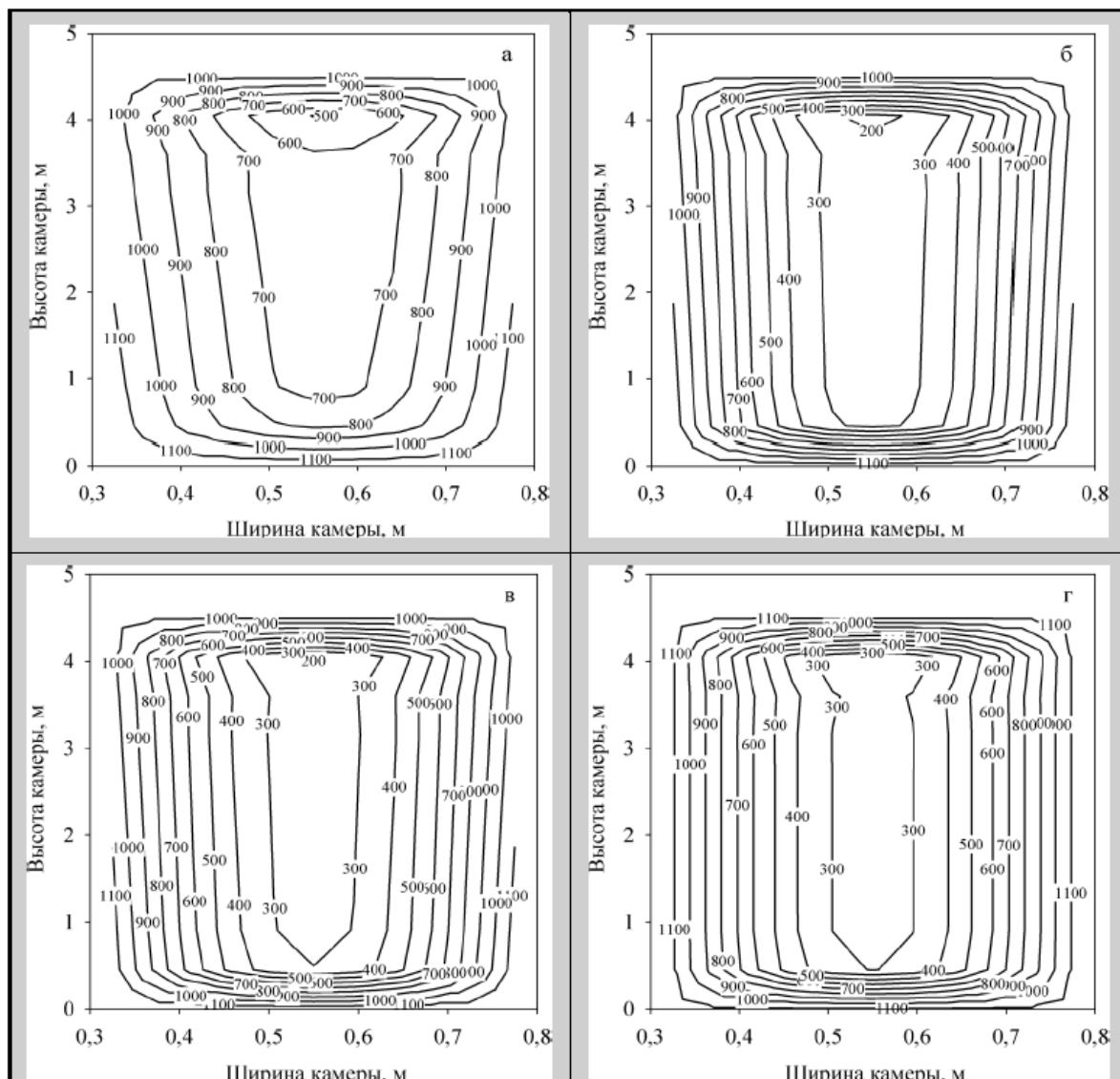


Рис. 2 Температурное поле в камере к концу 9^{го} часа коксования: а – вариант 1; б – вариант 2; в – вариант 3; г – вариант 4

На рис. 2^{а,б,в,г} приведено температурное поле в камере к концу 9-ого часа от начала процесса.

В условиях вариантов 1-4 указанные области низких температур объединились. Температурная область 673-823 К (область протекания основных процессов образования жидкокомпактных продуктов и ППШ широлиза) за-

пршедшие 6 часов существенно продвинулась в сторону технологической оси камеры, хотя подъем температуры в центре пирога не столь значителен: всего на 200 К. Это связано с длительностью процесса сушки пшеницы.

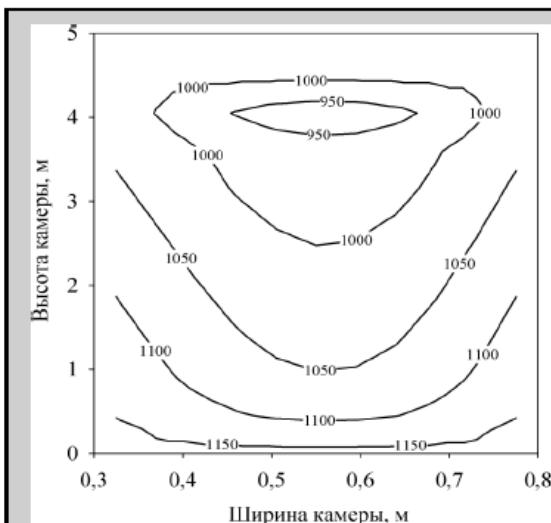


Рис. 3 Температурное поле в камере к концу 18^{го} часа коксования по варианту 1

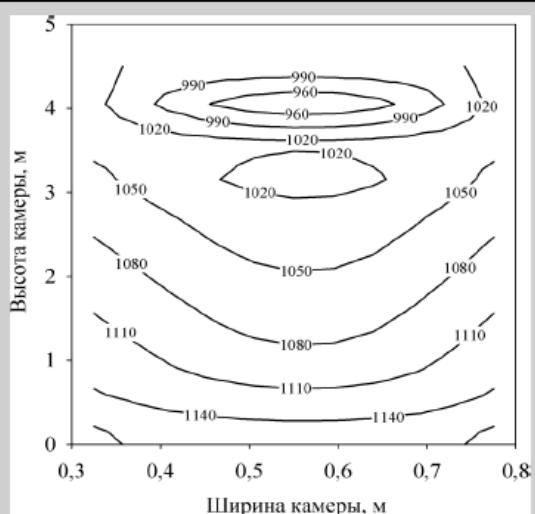


Рис. 4 Температурное поле в камере к концу 21^{го} часа коксования по варианту 1

Надо отметить проявление более четкого различия температур по высоте камеры и наличие малой области низких температур вверху камеры, которые полностью исчезают в варианте 3, характерном постоянством температуры греющей стенки по всей ее высоте.

Увеличение насыпной плотности шихты замедляет ее прогрев (варианты 1 и 2), равномерность температуры стенки по высоте – ускоряет (варианты 4 и 3), увеличение содержания класса 0-3 мм к концу 9-ого часа коксования практически не проявляется.

Поскольку температурные поля в камере коксования с $T > 1146$ К с точки зрения образования ПТП не имеют определяющего значения, ниже приводятся графики, соответствующие условиям только варианта 1.

На рис. 3 и 4 показаны температурные поля, сформировавшиеся, соответственно, к концу 18^{го} и 21^{го} часа от начала коксования.

Как видно из рис. 3 и рис. 4, область пониженных температур сохраняется только в узкой (центральной) области под шапкой коксового пирога.

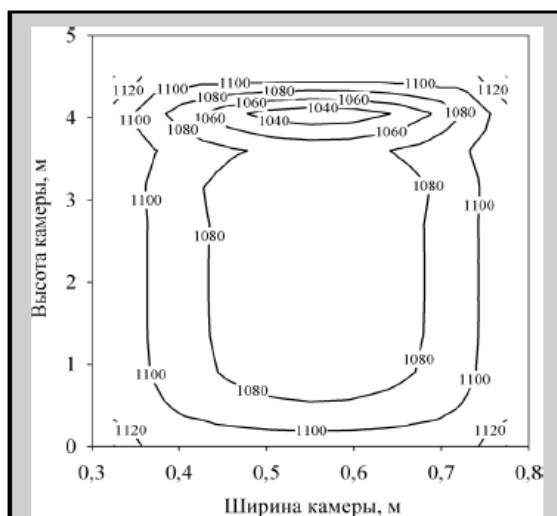


Рис. 5 Температурное поле в камере к концу 21^{го} часа коксования по варианту 3

Несмотря на высокий уровень температур наблюдается существенно более глубокий прогрев низа загрузки по сравнению с ее верхом. Этот эффект резко усиливается в ходе дальнейшего нагрева вплоть до полной смены характера расположения изотерм в сечении камеры: из вертикального положения они стремятся к горизонтальному. Это является следствием неравномерности температуры грекющей стенки, что прямо вытекает из сопоставления температурных полей, представленных на рис. 4 и рис. 5, соответствующих разным (рис. 4) и одинаковым (рис. 5) температурам верха и низа греющих стен.

Таким образом, приведенный выше анализ показывает, что разработанная трехмерная математическая модель позволяет исследовать особенности температурных полей в коксующей загрузке в любой момент периода коксования, как одного из основных факторов

воздействия на качество и состав ППП пиролиза угольной шихты и кокса в промышленных печах.

Библиографический список

1. Власов Г.А. *О теплопереносе в камере коксования. Сообщение 1: Модель теплопереноса / Власов Г.А., Барский В.Д., Рудницкий А.Г. // Углехимический журнал. – 2011. – № 1-2. – С. 30-35.*
2. Барский В.Д. *Об усадочных явлениях в процессе слоевого коксования / Барский В.Д., Власов Г.А., Рудницкий А.Г., Чупцев В.М. // Углехимический журнал. – 2003. – № 5-6. – С. 39-46.*

Рукопись поступила в редакцию 08.12.2010