

УДК 66.094.3-926.217

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УСКОРЕННОЙ ДЕЗАКТИВАЦИИ БУРОУГОЛЬНОГО СРЕДНТЕМПЕРАТУРНОГО КОКСА

© И. О. Михалев<sup>1</sup>

ООО «Сибтермо», 660028 г. Красноярск, ул. Мечникова, 54, стр. 8. Россия

А. О. Марков<sup>2</sup>, С. П. Амелчугов<sup>3</sup>ООО «Научно-исследовательский институт проблем пожарной безопасности»  
660036 г. Красноярск, Академгородок, 50 А. РоссияС. Г. Степанов<sup>4</sup>, С. Р. Исламов<sup>5</sup>

ООО «Сибтермо», 660028 г. Красноярск, ул. Мечникова, 54, стр. 8. Россия

<sup>1</sup> Михалев Игорь Олегович, канд. техн. наук, директор по научной работе, e-mail: iom@sibtermo.ru<sup>2</sup> Марков Алексей Олегович, науч. сотр., e-mail: lekha-cet@mail.ru<sup>3</sup> Амелчугов Сергей Петрович, проф., докт. техн. наук, e-mail: niipb@akadem.ru<sup>4</sup> Степанов Сергей Григорьевич, проф., докт. техн. наук, зам. ген. директора, e-mail: sibtermo@gmail.ru<sup>5</sup> Исламов Сергей Романович, докт. техн. наук, ст. науч. сотр., ген. директор, e-mail: termo@24kr.ru

Работа посвящена разработке технологического решения по устранению проблемы саморазогрева и самовозгорания среднетемпературного кокса, получаемого из бурого угля Канско-Ачинского бассейна (КАБ) по инновационной технологии карбонизации в псевдооживленном (кипящем) слое «Термококк-КС». В рамках исследования решена задача определения оптимальных условий ускоренной дезактивации кокса. В основе разработанного технологического решения дезактивации лежит низкотемпературное окисление кокса окружающим воздухом. С целью радикального ускорения процесса дезактивации предложено проводить его при температуре, близкой к критической для данного материала температуре термостаивания, при которой происходит возгорание навески.

**Ключевые слова:** буроугольный кокс; саморазогрев; самовозгорание; дезактивация; окисление; воздух.

Самовозгорание – основная причина пожаров на топливных складах и топливоподачах (50–60 %), по которой происходит каждый шестой пожар на котельных и тепловых электростанциях.

Цель настоящей работы – разработка технологического решения для устранения проблемы саморазогрева и самовозгорания буроугольного среднетемпературного кокса – мелочи коксовой (МК-1) из угля марки 2Б разреза «Берёзовский-1» ОАО «СУЭК-Красноярск», производимой в котельной данного разреза по технологии карбонизации угля «Термококк -КС» [1, 2]. Практика показала, что при нормальных условиях дезактивация кокса за счет взаимодействия с кислородом воздуха при хранении на складе занимает много времени (около двух недель), требует постоянно перемешивания кокса и контроля со стороны оператора для исключения возгораний.

Особенность окислительных процессов при самовозгорании твердых топлив состоит в том, что эти процессы ускоряются. Исследования, посвященные изучению механизма самовозгорания

твердых топлив, вызвали к жизни ряд теорий, в которых причины самовозгорания сводились к химическим особенностям отдельных компонентов, входящих в состав возгорающихся материалов. Практически любое твердое топливо является многокомпонентным, а поверхность его частиц – энергетически неоднородной. Характерной особенностью кинетической неоднородности представляется то, что высокой реакционной способностью обладает сравнительно небольшое число активных центров [3]. Однако они с достаточной скоростью реагируют при комнатной и даже при отрицательной температуре, вызывая повышение температуры во всем объеме топлива.

С повышением температуры в реакцию вступают менее активные на момент начала реагирования центры, число которых больше, чем наиболее активных. Это сопровождается дальнейшим самонагреванием твердого топлива и вовлечением все большего количества ранее не активных центров. Поэтому, несмотря на то, что в процессе

самонагрева прореагировавшие центры выбывают из последующей реакции, топливо в целом продолжает активизироваться, при недостаточном отводе теплоты химическая реакция самоускоряется, что приводит к саморазогреванию.

С учетом изложенного авторами настоящей работы было сделано предположение, что для исключения саморазогрева кокса необходимо и достаточно «отравить» его наиболее активные центры.

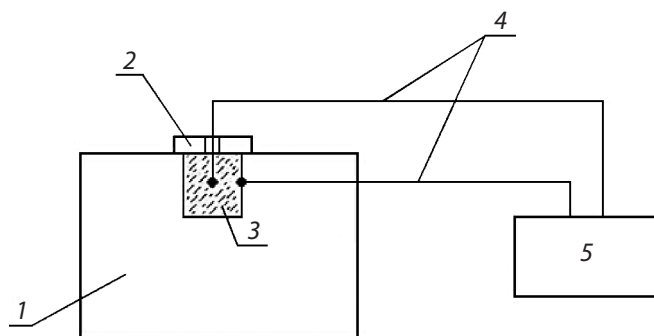
### Экспериментальное исследование процесса саморазогрева кокса

Для определения критических условий процесса самовозгорания использовали специальную экспериментальную установку, предназначенную для определения кинетических параметров процессов самонагрева материала.

В качестве материала исследований использовали коксовую мелочь (МК-1) из угля марки 2Б разреза «Берёзовский-1» ОАО «СУЭК-Красноярск», отобранную непосредственно после производства в герметичные емкости для предотвращения реагирования с окружающим воздухом.

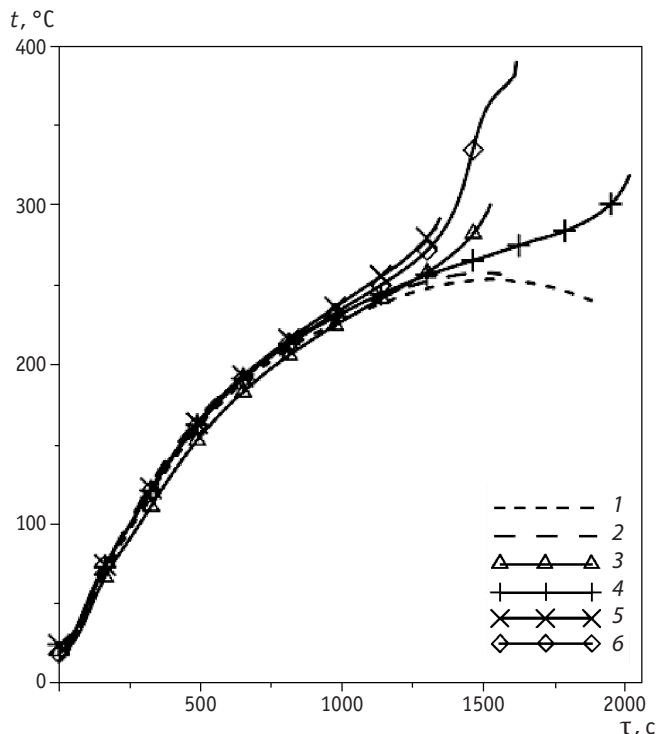
На первом этапе работ была выполнена серия опытов по нагреву образцов свежего (активного) кокса в термостате при различных температурах последнего. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

Пробу кокса массой ~ 10 г в цилиндрической корзинке диаметром и высотой 30 мм помещали в соответствующую по размерам рабочую камеру (ячейку) термостата, снабженного собственной штатной системой регулирования температуры с точностью  $\pm 0,5$  град. В центр пробы устанавливали термопару. Температура термостата в каждом опыте имела единственное значение. Точность определения температуры составляла



Р и с. 1. Схема лабораторной установки для определения параметров саморазогрева бурого кокса:

1 – термостат; 2 – крышка; 3 – образец; 4 – термопары; 5 – блок регистрации температур



Р и с. 2. Зависимость температуры в центре пробы исходного кокса от времени при температурах термостата вблизи  $T_0$ , °С:

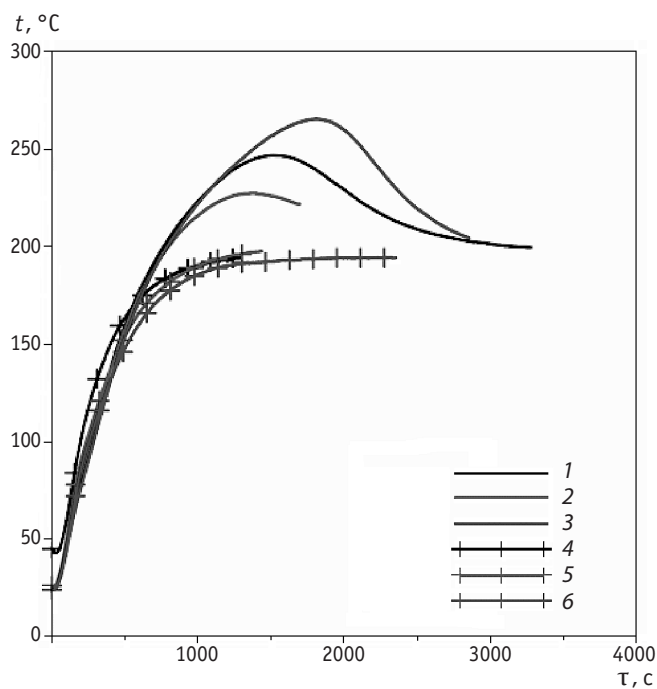
1 – 192,5; 2 – 193,5; 3 – 194; 4 – 194,5; 5 – 194,5 (повторный опыт); 6 – 195,5

$\pm 0,5$  град. Каждый опыт продолжался до тех пор, пока температура в центре образца не начинала снижаться, пройдя максимальную отметку, либо не превышала 300 °С (начиналось неконтролируемое возрастание температуры).

Для определения критических условий саморазогрева кокса пробы нагревали при температурах термостата от 180 до 196 °С с шагом в 1 град. В результате была определена такая температура термостата  $T_0$ , при достаточном (около 0,5 град) превышении которой процесс саморазогрева кокса переходил в возгорание. Результаты опытов вблизи значения  $T_0$  представлены на рис. 2. Наряду с  $T_0$  была также определена соответствующая максимально достигаемая температура в центре образца ( $T_B$ ). Получены следующие значения указанных величин (рис. 3):  $T_0 \approx 194$  °С,  $T_B \approx 258$  °С.

### Разработка технологического решения дезактивации кокса

Результаты экспериментального исследования процесса дезактивации представлены на рис. 3. Пробу кокса помещали в термостат при температуре, близкой к  $T_0$  (192,5; 193,5 °С). По достижении максимума температуры навеску выдерживали в термостате в течение 10, 15 и 30 мин (см. рис. 3,



**Р и с. 3. Влияние дезактивации на процесс нагрева навески кокса в термостате:**

1 – исходный кокс, выдержка 30 мин при температуре термостата 192,5 °С; 2 – то же, 10 мин при 192,5 °С; 3 – то же, 15 мин при 193,5 °С; 4 – дезактивированный кокс, выдержка 30 мин при температуре термостата 192,5 °С; 5 – то же, 10 мин при 192,5 °С; 6 – то же, 15 мин при 193,5 °С

кривые 1–3), после чего ее извлекали и охлаждали на воздухе. Затем навеску повторно помещали в термостат при той же температуре (см. рис. 3, кривые 4–6). Видно, что при повторном нагреве не происходит интенсивного саморазогрева проб, иными словами, активные центры кокса были «отравлены» при первом разогреве навески. Из этого следует, что при первоначальном нагреве происходит дезактивация кокса.

После установления принципиальной возможности ускоренной дезактивации среднетемпературного кокса из березовского угля окислением окружающим воздухом, в целях определения оптимальных условий такой дезактивации были выполнены опыты со сравнительно большими навесками (1 дм<sup>3</sup>) кокса в термостатическом шкафу, позволяющем поддерживать температуру в рабочей камере с точностью ± 2 град.

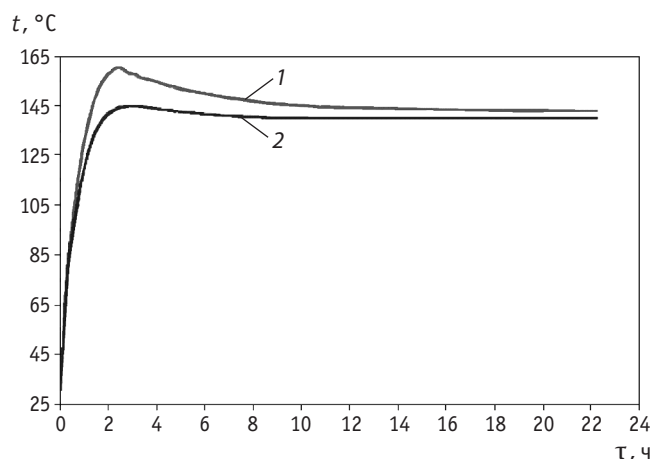
Навеска дезактивируемого кокса в данном случае представляла собой четыре герметично закрытые емкости с пробами кокса по 0,25 дм<sup>3</sup>. В крышках емкостей проделывали отверстия, в которые вставляли термопары для контроля температур в центре и вблизи поверхности образца. Емкости помещали в термостатический шкаф и нагревалась до температуры дезактивации ( $T_{\text{дез}}$ ), изменявшейся, с учетом полученного ранее значе-

ния  $T_{\text{в}}$ , в диапазоне 210–260 °С. При разработке технологического решения ускоренной дезактивации кокса также учитывалось, что технология карбонизации угля «Термококс-КС» предусматривает его термическую переработку при 700 °С, после которой требуется охлаждение получаемого кокса до температуры окружающей среды.

Достижение заданной  $T_{\text{дез}}$  определяли по показаниям термопар в центре емкостей, затем всю партию кокса извлекали из термостатического шкафа, рассыпали тонким слоем (не более 10 мм) по металлическому листу и охлаждали до температуры окружающей среды (20–30 °С).

По результатам исследования определили максимальное значение  $T_{\text{дез}}$ , при котором гарантированно не происходит возгорания кокса после рассыпания его по металлическому листу – этому условию соответствует температура 240 °С. При выгрузке навески кокса из емкостей наблюдается его ускоренная дезактивация в результате взаимодействия с окружающим воздухом. Благодаря малой толщине слоя кокса он остывал до 30 °С примерно за 10 мин. После остывания кокс испытывали на склонность к самовозгоранию по ГОСТ 19433.

В соответствии с методикой ГОСТ 19433 образец материала помещают в корзинку квадратной формы размером 100×100×100 мм, устанавливая в его центр термопару и выдерживают в термостате при 140 °С в течение суток. Эксперимент проводят три раза. Если температура в центре навески в одном из экспериментов превышает 150 °С, то испытуемое вещество считается склонным к самовозгоранию. В результате испытания было установлено, что дезактивированный кокс, в отличие от исходного кокса, не склонен к самовозгоранию (см. рис. 4).



**Р и с. 4. Термограмма сравнительных испытаний кокса до и после дезактивации (по ГОСТ 19433):**

1, 2 – соответственно исходный и дезактивированный кокс

Важной особенностью предлагаемого технологического решения следует считать полное сохранение характеристик (влажности, зольности, выхода летучих веществ) среднетемпературного кокса после дезактивации. Для иллюстрации этого представлены результаты технического анализа буроугольного среднетемпературного кокса до и после его дезактивации, выполненные в топливной лаборатории ООО «Сибтермо»:

	До дезактивации	После дезактивации
Технический анализ, %:		
$W^r$	0,6	0,6
$A^d$	8,7	8,2
$V^{daf}$	7,6	7,6

Расхождение по показателю зольности обусловлено неоднородностью этого параметра в исследованных пробах кокса, связанной с особенностями процесса его производства.

Таким образом, в результате настоящего исследования предложено технологическое решение дезактивации вновь произведенного средне-

температурного кокса из бурого угля, включающее следующие основные мероприятия:

- 1) охлаждение среднетемпературного кокса до 240 °С без доступа воздуха;
- 2) приведение кокса во взаимодействие с воздушной средой;
- 3) охлаждение кокса до температуры  $\leq 30$  °С в воздушной среде не более чем за 10 мин.

### Список литературы

1. *Евразийский патент 007801. МПК С 10 В 49/10. Способ получения металлургического среднетемпературного кокса / Исламов С. Р., Степанов С. Г. ; опубли. 27.02.2007, Бюл. ЕАПО 1.*
2. *Пат. 2285715 РФ. МПК С 10 В 49/10. Способ получения металлургического среднетемпературного кокса / Исламов С. Р., Степанов С. Г. ; опубли. 20.10.2006, Бюл. 29.*
3. *Киселев Я. С. Проблемы самовозгорания органических материалов. Сообщение 1. Физика самовозгорания // Пожаровзрывобезопасность. 1992. № 1. С. 3–7.*

*Статья поступила 14.09.2012 г.*

## DEVELOPING TECHNOLOGICAL SOLUTION TO PROVIDE HIGH-SPEED DEACTIVATION OF MIDDLE-TEMPERATURE COKE FROM BROWN COAL

© PhD **I. O. Mikhalev**, **A. O. Markov**, PhD **S. P. Amel'chugov**,  
PhD **S. G. Stepanov**, PhD **S. R. Islamov**

Development of technological solution for the problem of self-heating and self-ignition of middle-temperature coke produced from Kansk-Achinsk brown coal (lignite) via innovative "Termokoks-KS" fluidised bed carbonisation technology has been carried out. In frames of the research, the problem of determining optimal conditions for high-speed deactivation of the coke has been solved. The developed technological solution is based on low-temperature oxidation of the coke by surrounding air. In order to drastically increase the rate of coke deactivation, the latter is proposed to be carried out at a temperature close to such critical temperature of thermostating at which ignition of the sample occurs.

**Keywords:** lignite coke; self-heating; self-ignition; deactivation; oxidation; air.