

6
А-52

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

КУЧМИЙ Георгий Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ГАЗОДИНАМИ-
ЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ
РАДИОИЗОТОПНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Специальность 05.17.07

(химическая технология топлива и газа)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1973

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

КУЧМИЙ Георгий Иванович

ИССЛЕДОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ГАЗОДИНАМИ-
ЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ
РАДИОИЗОТОПНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Специальность 05.17.07

(химическая технология топлива и газа)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1973

669.
A 52

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы: Совершенствование управления народным хозяйством XXIV съезд КПСС определил как один из узловых вопросов партийного руководства экономикой страны. В решении его большая роль отводится автоматизированным системам управления (АСУ), а также разработке и внедрению автоматических систем управления производством (АСУП) и технологическими процессами (АСУТП).

В связи с этим актуальной задачей является разработка методов и организация автоматического контроля свойств кокса — основного продукта коксохимического производства и сырья для доменных печей.

Цель работы. Исследование принципиальной возможности применения радиоизотопных измерений для автоматического контроля газодинамических свойств доменного кокса в испытательных аппаратах, а также непосредственно в технологическом потоке.

Научная новизна. Исследована и установлена возможность контроля газодинамических свойств доменного кокса, одновременно с испытанием его прочностных свойств в аппарате барабанного типа, как в неподвижном, так и в перемещающемся слое с помощью бесконтактного радиоизотопного метода.

Практическая ценность. Применение радиоизотопных измерений позволит автоматизировать контроль газодинамических свойств доменного кокса в стандартных испытательных агрегатах. Кроме этого представляется возможным организация контроля газодинамических свойств кокса непосредственно в технологическом потоке.

Реализация работы в промышленности. Радиоизотопный метод оценки газодинамических свойств насыпных масс кокса был исполь-

зован на Криворожском КХЗ во время опытных коксований на 200 кг опытной печи. Днепропетровским металлургическим институтом совместно с Базовой опытно-конструкторской изотопной лабораторией БОКИЛ МЧМ УССР разработана экспериментальная система контроля газодинамических свойств кокса в технологическом потоке применительно к условиям Днепропетровского КХЗ им. М.И. Калинина и скипового кокса Днепропетровского металлургического завода им. Г.И. Петровского. Разработана методика бесконтактного контроля газодинамических свойств кокса в автоматизированном испытательном аппарате типа АПК, предназначенного для стандартного определения показателей качества кокса в производственных условиях.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены:

1. На постоянно действующем научном семинаре по проблемам коксохимии и металлургического топлива 16 ноября 1971 года, г. Днепропетровск.
2. На семинаре республиканской коксохимической секции НТО ЧМ УССР, 24 февраля 1971 г., г. Днепропетровск.
3. На научно-технической конференции молодых исследователей, инженеров и техников коксохимической промышленности, посвящённой 50-летию образования СССР, 26-28 ноября 1972 г., г. Харьков.

Публикация. Основное содержание работы опубликовано в 8 статьях.

Объём работы. Диссертация изложена на 165 страницах машинописного текста и состоит из четырёх глав с 15 таблицами в тексте, 56 рисунков, списка использованной литературы из 147 наименований.

Экспериментальные исследования с применением радиоизотопной аппаратуры выполнены автором совместно с работниками Базовой

изотопной лаборатории МЧМ УССР.

При выполнении работы автор пользовался советами кандидата технических наук С.И. Пинчук.

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВОЙСТВ ДОМЕННОГО КОКСА.

Для оперативного управления производством необходимы большие массивы информации, которая может быть получена при условии автоматизации и механизации процесса сбора, обработки и передачи данных о ходе производственного процесса, с качестве сырья и готовой продукции.

Оперативный, непрерывный и автоматический контроль коксохимического производства связан с необходимостью применения совершенных методик контроля, которые отвечали бы современным требованиям технологии. Следовательно, одновременно с совершенствованием технологии коксохимического производства должны непрерывно совершенствоваться и методы контроля.

Таким образом, создание и внедрение современных методов контроля качества кокса является одним из важнейших этапов в решении комплекса задач автоматизированного управления коксохимическим производством.

Реализация важнейших технических направлений в коксохимической промышленности, разработка и внедрение новых технологических приёмов, совершенствование процесса коксования, а также другие мероприятия позволяют интенсифицировать коксохимическое производство и получать кокс определённой готовности и постоянного качества. Но все эти мероприятия не всегда могут дать желаемый результат без современного контроля свойств получаемого кокса, как с целью контроля изменения его качества при изменении технологии коксования, так и с целью прогнозирования его поведения в

доменной печи. Наиболее совершенными и представительными являются автоматизированные методы и системы контроля, способствующие автоматизации управления технологическими процессами подготовки и коксования каменноугольных шихт.

В связи с возрастающей ролью кокса в условиях интенсификации доменного процесса, придаётся большое значение совершенствованию методов оценки прочностных и газодинамических свойств доменного кокса. Оценка прочностных свойств кокса по результатам ситового анализа позволяет лишь косвенным образом судить о газодинамических свойствах доменного кокса.

В настоящее время очень важную роль приобретает непрерывный и достаточно представительный контроль качества шихтовых материалов. Вопрос оперативного получения информации о качестве кокса и других материалов можно решить с помощью новых физических методов контроля, осуществляемых в технологическом потоке. Перспективным для этих целей является применение бесконтактного радиоизотопного контроля, основанного на различной степени ослабления и рассеяния гамма-излучения при прохождении через слой кокса различной плотности.

В связи с этим целесообразными являются исследования тесноты взаимосвязи радиоизотопного параметра с показателями, оценивающими газодинамические свойства кокса (гидравлическим сопротивлением слоя и коэффициентом газопроницаемости Γ), т.е. исследовать возможность применения радиоизотопного контроля величины объёмной плотности кокса для оценки его газодинамических свойств.

Известно, что мерой газопроницаемости насыпных масс кусковых материалов является потеря напора газового потока при прохождении сквозь слой материала, отнесенная к единице его высоты.

Для выражения потери напора в слое кусковых материалов наибо-

лее приемлемо уравнение Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P = H \rho \omega (K_1 \nu + K_2 \omega), \quad (1)$$

где H - высота слоя материала, м;

ρ - плотность газа, кг/м³;

ν - коэффициент кинематической вязкости газа;

ω - скорость движения газа в слое, м³/м².сек.

Коэффициенты K_1 и K_2 определяют согласно формулам:

$$K_1 = \frac{A(1-\varepsilon^2)}{d_3 \cdot 2\varepsilon^2 \psi^2}; \quad (2)$$

$$K_2 = \frac{B(1-\varepsilon)}{d_3 \cdot 2\varepsilon^2 \psi}; \quad (3)$$

где A и B - безразмерные коэффициенты;

ε - порозность слоя, м³/м³;

ψ - коэффициент формы кусков;

d_3 - эквивалентный размер кусков.

Согласно приведенным зависимостям величина потери напора в слое определяется порозностью слоя, которую можно определить из уравнения:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\gamma_{\text{нас.}}}{\gamma_{\text{каж.}}} \quad (4)$$

где $\gamma_{\text{нас.}}$ и $\gamma_{\text{каж.}}$ - объёмная и кажущаяся плотность кускового материала.

Объёмная плотность, a , соответственно, и порозность в значительной мере определяют газодинамические свойства насыпных масс кусковых материалов, в том числе кокса.

В случае применения радиоизотопных измерений для оценки свойств сыпучих материалов интенсивность гамма-излучения, прошедшего через слой материалов определённой толщины и объёмной плотности, определяется по формуле:

$$J = J_0 \cdot e^{-\frac{\mu \cdot \gamma_{\text{нас.}} \cdot d}{\rho}}, \quad (5)$$

где J и J_0 - интенсивность падающего и ослабленного потока гамма-квантов, имп./мин;

a - толщина слоя материала, м;

ρ - плотность веществ, г/см³;

μ - коэффициент массового ослабления гамма-излучения;

$\gamma_{нас}$ объёмная плотность насыпной массы материала, кг/м³.

Из формулы (5) видно, что по ослаблению гамма-излучения при постоянной толщине слоя материала можно определить величину его объёмной плотности и оценить газопроницаемость его насыпной массы.

При взаимодействии гамма-излучения с коксом, в случае комптоновского рассеяния степень рассеяния и ослабления гамма-излучения определяется эффектом взаимодействия гамма-квантов с углеродом. В слое кусков кокса поток гамма-квантов проникает через вещество кокса и воздушное пространство в межкусковых промежутках. Степень комптоновского рассеяния в слое кокса определяется количеством рассеивающих центров, встречающихся на пути потока гамма-квантов. Количество рассеивающих центров в слое зависит от плотности укладки кусков кокса, которая определяет степень ослабления интенсивности гамма-излучения при прохождении сквозь насыпную массу.

При выборе источника гамма-излучения для радиоизотопных измерений свойств насыпных масс кусковых материалов большое значение имеет период полураспада изотопа и энергия излучения.

Расчётным путём установлено, что для достижения оптимальной чувствительности радиоизотопных измерений, в выбранных условиях необходим источник гамма-излучения изотоп цезий-137, активностью не менее 75 мг. экв. радия, и энергией $E = 0,66$ Мэв.

Выбранная величина энергии позволяет обеспечить максимально

возможную чувствительность измерений.

Исследование газодинамических свойств товарного кокса.

Целью исследований явилось выявление принципиальной возможности контроля газодинамических свойств кокса путём радиоизотопных измерений, а также выявление тесноты взаимосвязи радиоизотопного параметра с основными показателями, характеризующими газодинамические свойства насыпных масс кокса. Исследования проводились на аэродинамической установке, смонтированной на Баглейском КХЗ и дополнительно освещённой радиоизотопной аппаратурой. В комплект радиоизотопной аппаратуры вошли:

- 1) источник гамма-излучения цезий-137 активностью 83 мг. экв. радия ($E = 0,66$ Мэв),
- 2) блок галогенных счётчиков типа СТС-8 с предусилителем,
- 3) пересчётный прибор типа ПС-20.

Методика проведения исследований заключалась в том, что в аэродинамическом цилиндре определяли гидравлическое сопротивление проб кокса массой 50 кг, а также интенсивность прошедшего сквозь пробу потока гамма квантов. Радиоизотопные измерения повторялись трижды, вычисляли их среднее значение, которое корректировали по величине интенсивности гамма-квантов, прошедших через пустой цилиндр.

Аналогичные измерения выполнялись также после разрушения проб кокса в барабане конструкции П.Г.Рубина, соответственно, после 50, 100, 175 и 250 оборотов. Свойства насыпных масс кокса на всех этапах испытаний, характеризовали следующими показателями:

1. гидравлическое сопротивление слоя кокса ΔP , мм вод.ст/м,
2. расчётную величину объёмной плотности кокса $\gamma_{нас}$, кг/м³,
3. интенсивность счёта импульсов, прошедших через слой кокса в цилиндре J , имп/мин,
4. по результатам ситового анализа исходной пробы и по результатам

рассева после 100 и 250 оборотов барабана рассчитывали значения коэффициента газопроницаемости по методике К.И.Сискова.

Чувствительность каждого показателя оценена с помощью коэффициентов вариации, которые для показателя объёмной плотности и коэффициента газопроницаемости Γ , соответственно, лежат в пределах 2,7-3,0% и 1,50-1,96%. Чувствительность радиоизотопного параметра несколько выше, по сравнению с вышеуказанными показателями, его коэффициент вариации на всех этапах испытаний колеблется в пределах 5,9-7,4%. Коэффициент вариации величины гидравлического сопротивления лежит в пределах 15,0-17,6%. Это объясняется повышенной чувствительностью аэродинамического параметра к изменениям свойств насыпных масс кокса, а также влиянием на величину гидравлического сопротивления значительного числа факторов.

Теснота взаимосвязей исследуемых параметров оценена с помощью коэффициентов корреляции; характер взаимосвязей описан уравнениями и линиями регрессии. Корреляционная связь радиоизотопного параметра с величиной гидравлического сопротивления оценена коэффициентом $\tau = -0,706$. Несколько теснее взаимосвязь радиоизотопного параметра с коэффициентом газопроницаемости Γ ($\tau = 0,757$) и величиной объёмной плотности ($\tau = -0,877$) при уровне вероятности $p = 0,999$.

Установленные взаимосвязи радиоизотопного параметра с показателями, характеризующими газодинамические свойства кокса, а также с величиной объёмной плотности, свидетельствуют о принципиальной взаимозаменяемости исследуемых параметров при оценке газодинамических свойств насыпных масс кокса.

Анализ выявленных взаимосвязей параметров позволил установить принципиальную возможность бесконтактной оценки газодинамических свойств насыпных масс кокса с помощью радиоизотопных измерений.

Исследование газодинамических свойств скипового кокса.

Методика проводимых исследований аналогична описанной выше. Радиоизотопные измерения производили на трёх различных уровнях по высоте загрузки кокса в аэродинамическом цилиндре на расстоянии 200, 400 и 600 мм от колосниковой решётки. Испытано 50 проб скипового кокса (250 точек измерений на пяти этапах разрушения в барабане), в условиях металлургического завода им.Петровского. Взаимосвязь радиоизотопного параметра с показателями, характеризующими газодинамические свойства кокса, установлена путём графических построений, оценена коэффициентами корреляции, характер взаимосвязей описан уравнениями и линиями регрессий.

Теснота взаимосвязи радиоизотопного параметра и величины гидравлического сопротивления (рис.1) оценена коэффициентом корреляции равным $\tau = -0,732$, а коэффициент корреляционной связи с объёмной плотностью равен $\tau = -0,852$, при уровне вероятности $p = 0,999$.

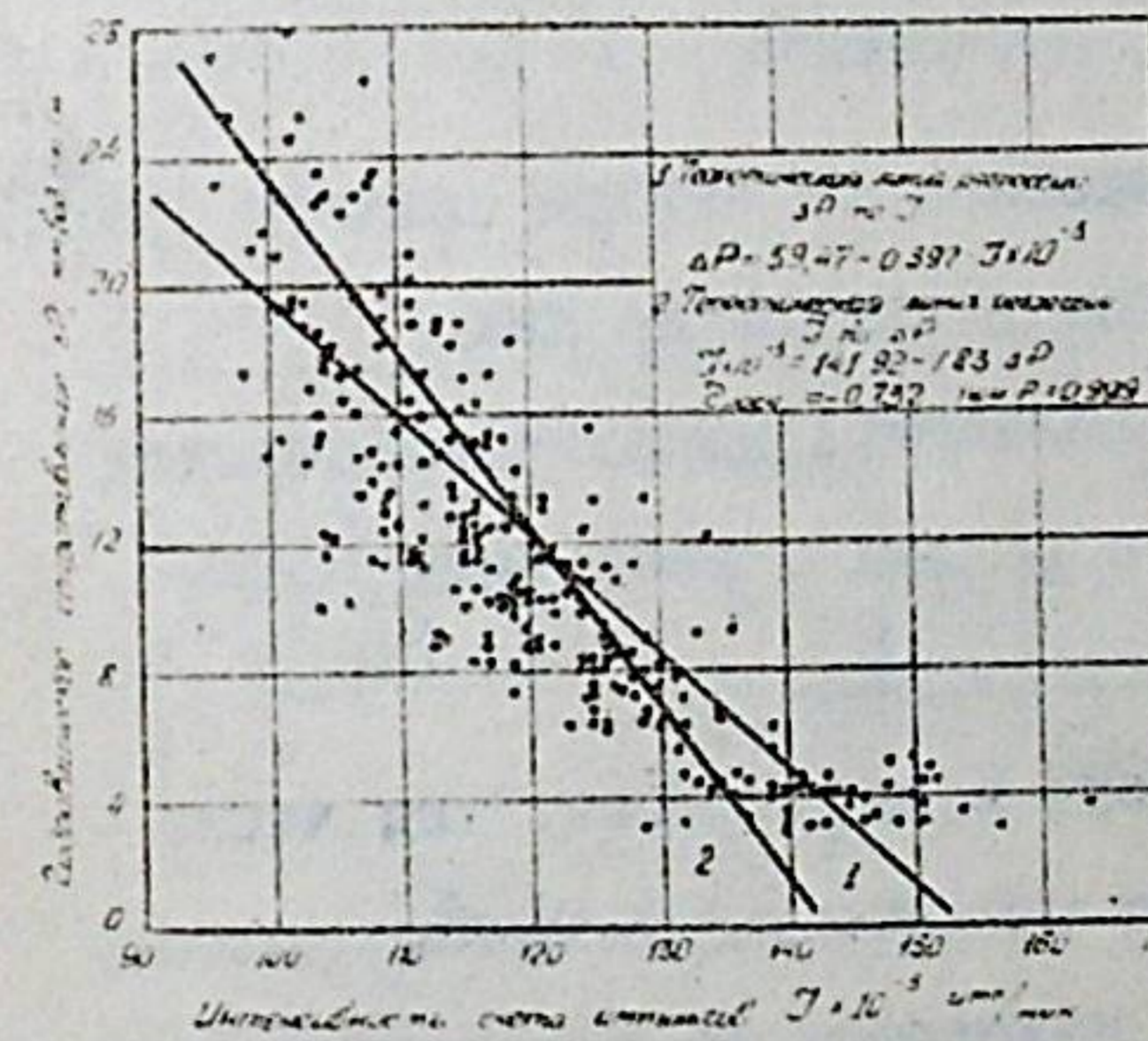


Рис.1. Взаимосвязь аэродинамического (ΔP) и радиоизотопного (J) параметров.

Сопоставляя результаты радиоизотопной и аэродинамической оценки свойств товарного и скипового кокса, необходимо отметить закономерный и аналогичный характер динамики изменения исследуемых параметров на всех пяти этапах испытания проб кокса. Взаимосвязь радиоизотопного параметра и объёмной плотности при испытании проб скипового кокса несколько теснее, чем при испытании проб товарного

кокса. Это можно объяснить некоторой стабилизацией свойств кокса в процессе перегрузок, транспортировки, отсеивом мелочи на валковых грохотах, а также тем, что при испытаниях проб скипового кокса радиоизотопным методом получали усреднённую по высоте слоя и поэтому более представительную его оценку.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ
КОНТРОЛЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОКСА В
АППАРАТЕ БАРАБАНОГО ТИПА

Основной задачей явилось исследование возможности оценки газодинамических свойств кокса радиоизотопным методом непосредственно в разрушающем аппарате барабанного типа.

Перемещение кокса в аппарате барабанного типа может быть каскадным или водопадным. В основном режим перемещения определяется скоростью вращения барабана.

Условно разделив весь объём барабана на четыре области (рис.2) рассмотрим характер перемещения кокса в каждой из них.

Для области I характерен переход каскадного режима перемещения пробы кокса в водопадный.

Область II характеризуется чисто водопадным режимом перемещения кокса, т.е. кокс находится во взвешенном состоянии. В области III основная масса кокса переходит с параболической траектории движения на круговую, и начинается формирование слоя кокса по толщине. Область

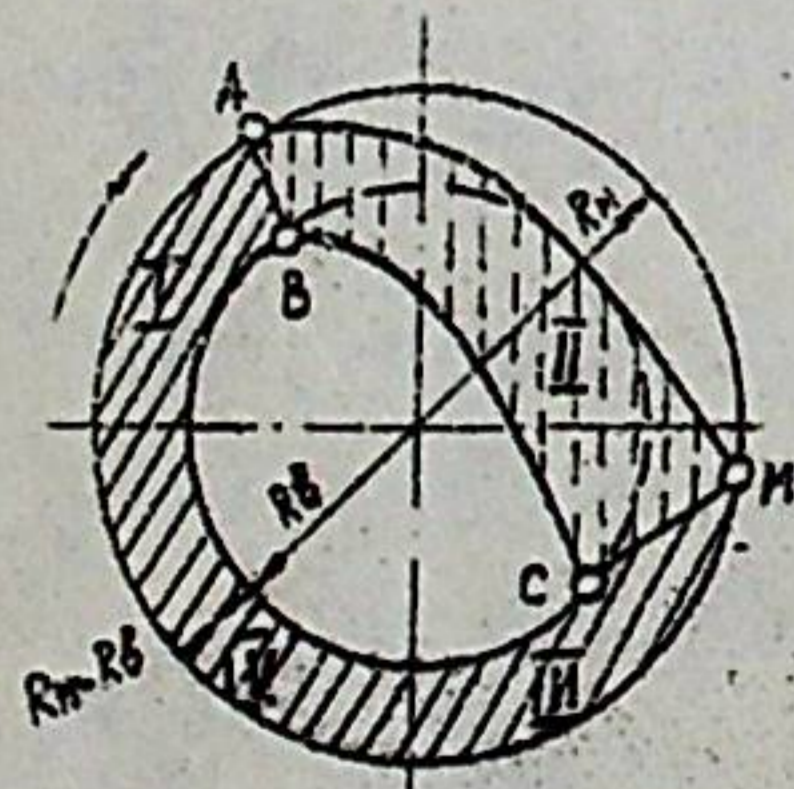


Рис.2

IV характеризуется сформированным слоем кокса, толщиной $(R_n - R_b)$, находящимся в состоянии относительного покоя и перемещающимся по круговой траектории вместе с барабаном. Экспериментально установ-

лено, что после остановки барабана основная масса испытуемого кокса также располагается в области IV. Таким образом установлено, что радиоизотопные измерения в барабане наиболее целесообразно проводить в области IV. При этом поток гамма-квантов, распространяющийся по оси источник-детектор сквозь барабан, при его вращении и после остановки будет проходить через достаточно представительный сформированный и стабильный слой кокса.

Исследование газодинамических свойств насыпных
масс кокса в неподвижном барабане конструкции
П.Г.Рубина.

Для проведения исследований радиоизотопной аппаратурой, наряду с цилиндром, дополнительно был оснащён барабан конструкции П.Г.Рубина, входящий в комплект аэродинамической установки. Радиоизотопная аппаратура на аэродинамической установке расположена согласно рис.3.

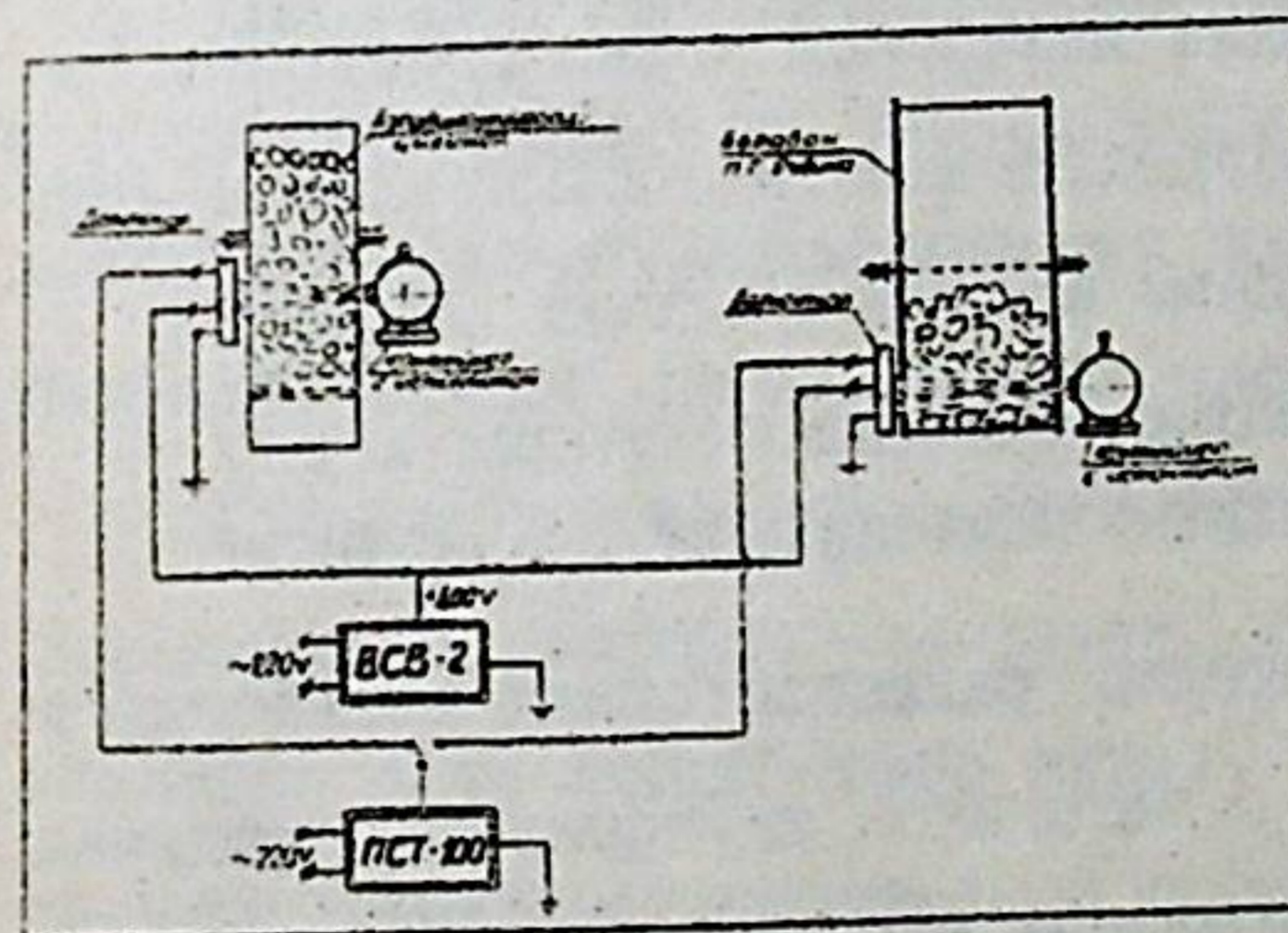


Рис.3. Размещение радиоизотопной аппаратуры на аэродинамической установке.

Радиоизотопные измерения в барабане (измерение свойств исходной и разрушенной пробы кокса) производили в трёх заранее отмеченных на барабане точках, а результаты измерений усредняли.

Для установления дифференцирующей способности радиоизотопного метода при испытании кокса различного грануло-

метрического состава, характеризующегося различной величиной объёмной плотности, порозности и гидравлического сопротивления, испытаниям подвергали пробы кокса узких классов крупности, а также пробы

товарного кокса. Помимо радиоизотопных измерений непосредственно в барабане, радиоизотопные и аэродинамические измерения исследуемых проб производили в цилиндре. Испытано 24 пробы (120 точек измерений на пяти этапах разрушения в барабане).

Взаимосвязь радиоизотопных параметров между собой, а также с величиной гидравлического сопротивления установлена путём графических построений и оценена с помощью коэффициентов корреляции. Характер корреляционной связи параметров описан уравнениями и линиями регрессий.

Коэффициент корреляционной связи радиоизотопного параметра, измеренного в неподвижном барабане, с величиной гидравлического сопротивления слоя кокса равен $r = -0,772$. Взаимосвязь радиоизотопных параметров, измеренных в цилиндре и в барабане, оценена коэффициентом корреляции равным $r = 0,763$.

Анализ полученных взаимосвязей позволил сделать вывод, что с помощью бесконтактных радиоизотопных измерений можно оценивать газодинамические свойства кокса непосредственно в испытательном аппарате, т.е. одновременно с испытаниями его прочностных свойств.

Исследование газодинамических свойств напыленных масс кокса во вращающемся барабане конструкции П.Г.Рубина

Отличительной особенностью методики радиоизотопных измерений в перемещающемся слое, по сравнению с методикой измерения в статическом слое, явилось то, что радиоизотопные измерения загруженной в барабан пробы кокса продолжались и после включения привода вращения барабана, т.е. и в процессе разрушения кокса. Путём расчётов установлена продолжительность каждого радиоизотопного измерения во вращающемся барабане равная 10 сек, что соответствует циклу полного перемешивания пробы кокса (4 оборота барабана). Интервал между измерениями 5 сек. По изменению интенсивности счёта импульсов на

последовательных 15 секундных интервалах судили о динамике изменения свойств испытуемой пробы в процессе разрушения.

Для испытаний готовили по две параллельные пробы кокса узких классов крупности и их бинарные смеси, а также пробы товарного кокса. По результатам испытаний параллельных проб исследовали воспроизводимость радиоизотопного параметра, которая доказана с помощью критерия Кохрена.

Взаимосвязь радиоизотопного параметра, характеризующего свойства перемещаемого слоя, и величины гидравлического сопротивления установлена графически. Теснота связи оценена с помощью коэффициентов корреляции, значения которых для проб кокса узких классов крупности и товарного кокса находятся в пределах $r = 0,810 - 0,970$. Уровень достоверности взаимосвязи между исследуемыми параметрами лежит в пределах 95,0-99,9%. Характер выявленных взаимосвязей близок к прямолинейному и описан уравнениями и линиями регрессии.

Анализируя результаты аэродинамических измерений в цилиндре и радиоизотопных - во вращающемся барабане, установлена закономерность увеличения интенсивности потока гамма-квантов при уменьшении гидравлического сопротивления слоя кокса.

При сравнительной оценке радиоизотопных параметров, полученных в различных условиях измерения, и величины гидравлического сопротивления слоя испытуемого кокса, необходимо отметить наибольшую достоверность радиоизотопной оценки свойств кокса в перемещающемся слое. Это объясняется тем, что радиоизотопной оценке, в процессе вращения барабана, подвергается почти вся масса испытуемой пробы кокса.

Исследованиями установлена принципиальная возможность оценки газодинамических свойств кокса в перемещающемся слое, что позволит организовать бесконтактный контроль газопроницаемости кокса в тех-

нологическом потоке. Кроме этого радиоизотопные измерения во вращающемся барабане позволяют контролировать динамику изменения газодинамических свойств кокса, испытываемого в барабанах.

При проведении радиоизотопных исследований испытывали пробы кокса крупностью больше 25 мм при разрушении в барабане конструкции П.Г.Рубина. В связи с различными условиями разрушения в барабане конструкции П.Г.Рубина и малом стандартном барабане, получаемые прочностные показатели по абсолютной величине будут различны. Но поскольку определяющим фактором в том и другом случае разрушения является гранулометрический состав разрушенной пробы, прочностные показатели кокса, полученные при испытании в барабане П.Г.Рубина, по своему физическому смыслу могут служить в качестве характеристик механической прочности.

Выявлена достаточно тесная, близкая к прямолинейной, взаимосвязь радиоизотопных параметров и процентного содержания в разрушенной пробе кокса крупностью больше 25 мм. Коэффициенты корреляции, при испытании 12 проб кокса в неподвижном и перемещающемся слое соответственно равны $r = 0,825$ и $r = 0,835$. Оценено влияние на ослабление потока гамма-квантов образующегося в процессе разрушения кокса класса 0-25 мм. Коэффициенты корреляции при измерении в неподвижном и перемещающемся слоях равны соответственно $r = 0,870$ и $r = 0,875$.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОКСА РАДИОИЗОТОПНЫМ МЕТОДОМ В МАЛОМ СТАНДАРТНОМ БАРАБАНАХ.

Выявление принципиальной возможности радиоизотопной оценки газодинамических свойств кокса непосредственно в аппарате барабанного типа служит предпосылкой для исследования и разработки методики бесконтактного определения газодинамических свойств кокса при испытании в малом стандартном барабане.

Исследования выполнены в коксоиспытательной лаборатории ДОННИИЧермета в доменном цехе Здановского металлургического завода им. Ильича.

Радиоизотопной аппаратурой были оснащены стандартный барабан и цилиндр аэродинамической установки.

Активность источника, установленного на стандартном барабане - 500 мг. экв. радия, на цилиндре - 82 мг. экв. радия.

Исследовали пробы кокса узких классов крупности и их бинарные смеси, а также пробы скипового кокса массой 50 кг каждая. Измерения в цилиндре и барабане производили в исходном состоянии пробы, а также после 100 и 200 оборотов барабана. Испытано 24 пробы кокса (72 измерения на трёх этапах испытаний). Взаимосвязь радиоизотопного параметра с величиной гидравлического сопротивления слоя кокса, измеренного в аэродинамическом цилиндре, и коэффициентом газопроницаемости Γ установлена путём графических построений и статистической обработки. Коэффициент корреляционной связи радиоизотопного параметра с величиной гидравлического сопротивления равен $r = -0,700$. Воспроизводимость радиоизотопного параметра доказана с помощью критерия Кохрена. Чувствительность радиоизотопного метода контроля свойств кокса в стандартном барабане оценена коэффициентами вариации, значения которых на всех этапах испытания лежат в пределах 3,1 - 4,9%.

Исследование взаимосвязи радиоизотопного и стандартного показателей свойств кокса при разрушении в малом стандартном барабане выполнены на Кризорожском коксохимическом заводе в период проведения коксований на 200 кг опытной печи.

Исследована взаимосвязь радиоизотопного параметра со стандартными показателями M_{40} и M_{10} , по результатам испытания 9 проб кокса (18 измерений), приготовленных по ГОСТ 8929-58, а также с показа-



телями M25 и M10 при испытании 20 проб кокса (40 измерений), приготовленных согласно проекту нового ГОСТ (Ш-I-450-70).

Взаимосвязь исследуемых параметров тесная, закономерная, близкая к прямолинейной. Коэффициенты корреляционной связи с показателями M40 и M10 соответственно равны $r = 0,886$ и $r = 0,876$. а с показателями M25 и M10 $r = 0,800$ и $r = -0,702$. Установлена достаточно тесная взаимосвязь радиоизотопного параметра с коэффициентом газопроницаемости Γ .

Коэффициенты вариации значений радиоизотопных параметров, рассчитаны по результатам измерений проб кокса до разрушения и после 100 оборотов барабана, соответственно, равны 1,58% и 2,79%.

Исследованиями доказана достаточно тесная взаимосвязь стандартных прочностных показателей кокса с радиоизотопными параметрами бесконтактного контроля его газодинамических свойств непосредственно в неподвижном стандартном барабане.

Исследованиями во вращающемся малом стандартном барабане установлено, что при испытании в барабане проб кокса массой 50 кг не создается стабильный слой перемещаемого материала, в котором могли бы осуществляться радиоизотопные измерения. Это является следствием большого разброса пробы кокса, в объеме вращающегося барабана. Достаточно устойчивый слой перемещаемого материала в барабане обеспечивается при увеличении массы пробы кокса до 100 кг. Испытано 11 проб товарного кокса (44 измерения на четырех этапах испытания). Измерения производились в неподвижном и вращающемся барабане в исходном состоянии пробы, а также в процессе наложения разрушающих усилий, соответствующих 100, 200 и 300 оборотам барабана. Газодинамические свойства кокса оценивали с помощью расчетного коэффициента газопроницаемости Γ .

Исследована и установлена достаточно тесная, закономерная, близкая к прямолинейной взаимосвязи радиоизотопного параметра и

коэффициента газопроницаемости Γ на всех этапах испытаний. Коэффициент взаимосвязи радиоизотопных параметров в неподвижном и перемещаемом слое, соответственно, равен $r = 0,773$ и $r = 0,778$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исходя из закономерностей потери напора газового потока и закономерности ослабления потока гамма-квантов при прохождении сквозь слой материала, теоретически обоснована возможность применения гамма-излучения для оценки газодинамических свойств насыпных масс доменного кокса.

2. Исследована и установлена тесная, близкая к прямолинейной взаимосвязь радиоизотопного параметра с величиной гидравлического сопротивления кокса и его объемной плотности, измеренных в аэродинамическом цилиндре, а также с величиной расчетного коэффициента газопроницаемости Γ .

3. Установлена принципиальная возможность оценки газодинамических свойств кокса в аэродинамическом цилиндре, с помощью бесконтактного радиоизотопного метода, основанного на различной степени ослабления потока гамма-квантов в зависимости от объемной плотности, т.е. порозности слоя кокса.

4. Разработана схема размещения радиоизотопной аппаратуры для бесконтактной оценки свойств насыпных масс кокса в неподвижном и вращающемся барабане конструкции П.Г.Рубина.

5. Разработана методика бесконтактной оценки газодинамических свойств насыпных масс кокса в статическом и перемещаемом слое.

6. Исследована взаимосвязь радиоизотопных параметров, характеризующих свойства неподвижного и перемещаемого в барабане слоев кокса, с величиной его гидравлического сопротивления и объемной плотности, измеренных в аэродинамическом цилиндре, а также с величиной коэффициента газопроницаемости Γ .

7. Исследована дифференцирующая способность радиоизотопного метода оценки свойств кокса различной крупности при измерении непосредственно в испытательном барабане.

8. Исследована возможность радиоизотопного контроля динамики изменения газодинамических свойств кокса непрерывно в процессе разрушения в барабане конструкции П.Г.Рубина.

9. Исследована взаимосвязь прочностных и радиоизотопных характеристик свойств кокса, полученных в результате бесконтактных измерений непосредственно в барабане одновременно с испытанием его физико-механических свойств.

Исследована взаимосвязь радиоизотопного параметра оценки газодинамических свойств кокса с показателями механической прочности М40 и М10, определяемыми по стандартной методике ГОСТ 8929-58, а также с показателями механической прочности, определяемыми по методике проекта нового ГОСТ'а (П-1-450-70), и с величиной коэффициента газопроницаемости (П-1-138-71/509-15).

10. Исследована возможность и разработана методика экспрессного определения характеристик газопроницаемости кокса в исходном состоянии и после разрушения в малом стандартном барабане путём радиоизотопных измерений.

11. Исследована возможность и разработана методика радиоизотопного контроля динамики изменения газодинамических свойств перемещающегося слоя кокса массой 100 кг в процессе разрушения в малом стандартном барабане.

12. На основании полученных результатов исследований рекомендуется методика автоматического бесконтактного контроля газодинамических свойств кокса в исходном состоянии и после разрушения в автоматизированном агрегате для определения прочности кокса (АПК) конструкции Славянского КБ Гипрококса "Коксохиммаш".

13. Разработана методика контроля газодинамических свойств кокса, оцененных с помощью радиоизотопного параметра, непосредственно в технологическом потоке с автоматической регистрацией полученных характеристик. Такой контроль возможно осуществить применительно к условиям Днепропетровского коксохимического и металлургического заводов, предусмотрев два участка контроля - контроль свойств товарного кокса перед загрузкой в железнодорожные вагоны и контроль свойств скипового кокса перед подачей в доменную печь.

Основное содержание диссертации изложено в следующих опубликованных работах:

1. А.С.Брук, С.И.Пинчук, Г.И.Кучмий, А.Я.Лазаренко, С.М.Кручинин, К.И.Котов. Сравнительная оценка газодинамических свойств коксов сухого и мокрого тушения. "Кокс и химия" № 12, 1970 г., с.10-12.
2. А.С.Брук, С.И.Пинчук, Г.И.Кучмий, В.И.Василенко, Е.С.Антоновский, И.С.Тамаров. Применение радиометрических измерений для оценки газодинамических свойств доменного кокса. Сб. "Металлургическая и горнорудная промышленность", №5, 1970 г., с.47-49.
3. С.И.Пинчук, Г.И.Кучмий. О рациональном использовании в доменных печах кокса различной крупности. Сб. "Металлургия и коксохимия", вып.17, 1970 г., с.52-55.
4. А.С.Брук, С.И.Пинчук, К.И.Котов, Г.И.Кучмий, М.И.Ровенский, Г.Я.Бронштейн. Сравнительная оценка свойств насыпных масс шихтовых материалов. Сб. "Металлургия и коксохимия", вып.17, 1970 г., с.56-61.

5. С.И.Пинчук, Г.И.Кучмий, А.Я.Лазаренко. Изучение влияния конструкции разрушающего аппарата на аэродинамические характеристики свойств кокса. Сб. "Металлургия и коксохимия", вып.22, 1970г., с.51-53.
6. А.С.Брук, С.И.Пинчук, А.Б.Шур, Г.И.Кучмий. О значении аэродинамических показателей для оценки поведения кокса в доменной печи. Сб. "Металлургия и коксохимия", вып. № 22, 1970г., с.53-55.
7. А.С.Брук, С.И.Пинчук, Г.И.Кучмий. "Механические свойства кокса и их испытания". Учебное пособие. Ротапринт ДМети, 1971.
8. А.С.Брук, С.И.Пинчук, Г.И.Кучмий, А.Я.Лазаренко. Разработка методов оценки качества кокса как сырья доменной плавки. "Кокс и химия", № 12, 1971, с.35-37.