

УДК 621.396.96

В.Н. БЫКОВ¹, Д.Д. ИВАНЧЕНКО¹, Н.Н. КОЛЧИГИН¹, А.А. ЖУРАВСКИЙ²,
С.В. ФЕДОРОВА², А.П. ХУДОКОРМОВ³, Э.В. РЯПОЛОВ³, Т.Д. БЕРЕЖНАЯ¹

¹Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина

²Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт

³ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Авдеевка, Украина

МОБИЛЬНЫЙ МНОГОДИАПАЗОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРИ КОКСОВОЙ БАТАРЕИ

Обоснована возможность дистанционного контроля средней температуры коксовой батареи радиоволновым методом через оптически непрозрачный экран и частично прозрачный экран для электромагнитных волн. Разработан мобильный многодиапазонный измерительный комплекс, который позволяет повысить оперативность и информативность измерений, вследствие чего появляется возможность более точного определения температуры внутри обогревательного простенка коксовой батареи непосредственно в процессе коксования. Сравнительный анализ результатов, полученных в миллиметровом, инфракрасном и видимом диапазонах электромагнитных волн, показывает, что многодиапазонный комплекс позволяет определять интегральную температуру всей области печи.

Ключевые слова: радиометр, миллиметровый и инфракрасный диапазоны электромагнитных волн, дистанционный контроль температуры, коксовая батарея

Введение

Современная технология получения кокса предусматривает периодическое измерение с последующим регулированием температуры внутри коксовой батареи по заданному режиму. Методы определения температуры внутри коксовой батареи подразделяются на контактный метод и дистанционный метод измерения. Контактный метод измерения реализуется с помощью термопар и ртутных термометров, дистанционный – оптическими пирометрами [1, 2].

Наиболее распространенным методом замера температур на коксовых батареях является замер при помощи оптического пирометра, однако при таком способе охватывается не более одного - двух процентов точек (так называемых «контрольных вертикалов»), что явно не достаточно. Непосредственный замер температуры внутри камеры коксования при помощи термопар является очень громоздкой и трудоемкой операцией, поэтому согласно правил технической эксплуатации применяется лишь один раз в квартал и каждый раз при изменении состава шихты.

В связи с этим перспективным является применение дистанционных методов измерения. Однако для замера температуры оптическим пирометром необходимо открыть лючок обогревательного простенка, что значительно увеличивает время замера и трудно поддается автоматизации.

Одним из эффективных способов дистанционного измерения температуры объекта через оптически непрозрачный и частично прозрачный для радиоволн экран является применение радиометрического зондирования в инфракрасном и радиодиапазоне [3, 4].

Целью исследования является определение интенсивности теплового излучения коксовой батареи в ходе ее практической эксплуатации радиоволновым методом.

Постановка задачи

Определение интенсивности теплового излучения осуществляется с помощью мобильного многодиапазонного измерительного комплекса (ММИК), который содержит:

- радиометрический (РМ) датчик миллиметрового диапазона (ММД) волн;
- РМ датчик инфракрасного (ИК) диапазона;
- термометр (термопару).

На рис. 1 показан внешний вид комплекса на подвижной платформе, на рис. 2 представлена структурная схема взаимодействия элементов ММИК и оператора в процессе измерений. Сведения о разработке комплекса и о его технических характеристиках приведены в работах [5, 6].

РМ датчик ММД содержит: параболическую двухзеркальную антенну Кассегрена и модуляцион-

ный РМ приемник прямого усиления 8мм диапазона (разработка ГНИЦ «Айсберг», г. Киев [7]). Флуктуационная чувствительность РМ приемника ММД $\delta T \leq 0,02 \text{ K}$ за время интегрирования $\tau = 1 \text{ c}$.

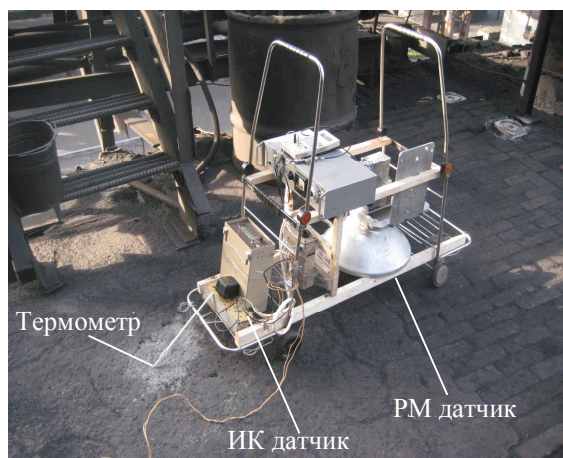


Рис. 1. Мобильный многодиапазонный измерительный комплекс

Пирометрический радиометрический датчик ИК диапазона $(2 \div 14) \mu\text{m}$ измеряет температуру ИК излучения в пределах $(-20 \div +200) \text{ C}$ с погрешностью, не хуже $\pm 1,5 \text{ C}$.

Методика проведения измерений

Измерения температуры внутри обогревательного простенка осуществляются в несколько этапов.

Первый этап. Калибровка измерительной аппаратуры. Аппаратура комплекса устанавливается над площадкой с постоянно контролируемой температурой (рис.1). Контроль температуры осуществляется ртутным термометром в диапазоне измеряемых температур $(0 - 150) \text{ C}$, погрешность измерения $\pm 1 \text{ C}$.

ИК датчик измеряет температуру поверхностного слоя батарей в трех диапазонах: коротковолновом $(2 - 5) \mu\text{m}$, длинноволновом $(7 - 14) \mu\text{m}$ и в интегральном, охватывающем оба диапазона. Регистрирующим прибором ИК датчика является цифровой измерительный прибор с диапазоном измерения $(-20 \div +200) \text{ C}$.

В качестве показаний РМ датчика ММД используются показания цифрового вольтметра на выходе низкочастотной части РМ датчика (пределы измерения $\pm 20 \text{ В}$).

Калибровка аппаратуры ММИК осуществляется после получасового прогрева аппаратуры перед началом измерений, после окончания каждого этапа измерений и, при необходимости, в процессе любого из этапов измерений.

Второй этап. Измерение распределения интенсивности радиояркого излучения и температуры на поверхности перекрытия коксовой батареи поперек движения загрузочного крана, т.е. вдоль обогревательного простенка.

ММИК на подвижной платформе переносится к первому вертикалу. Приемная антенна РМ датчика ММД располагается таким образом, чтобы центр

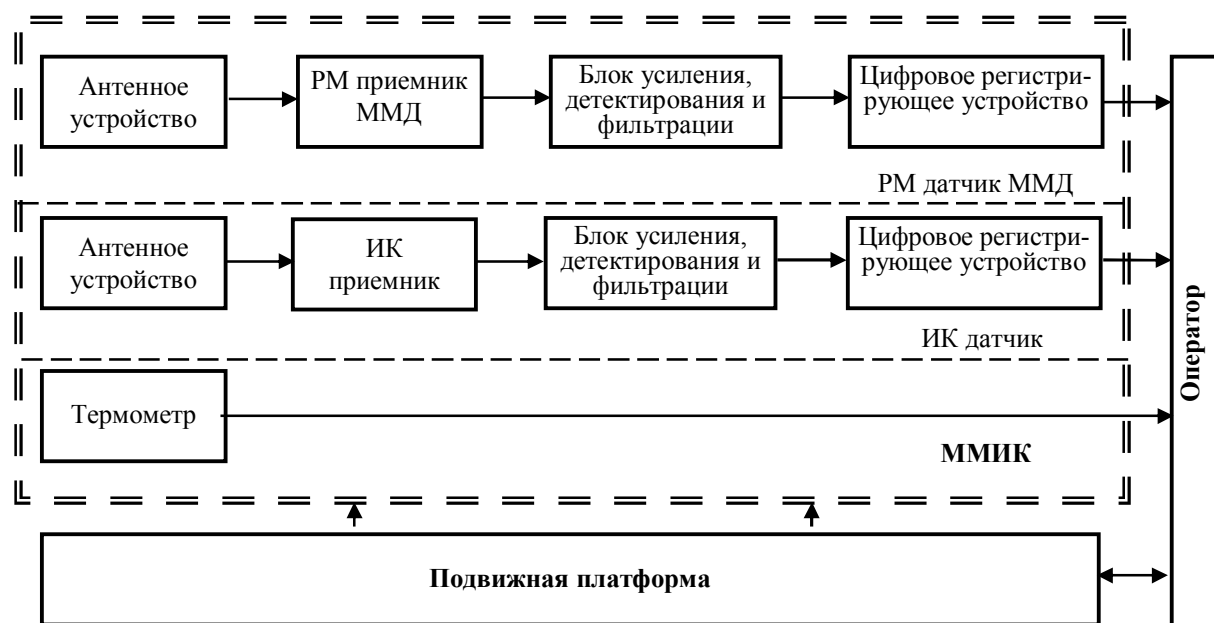


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия элементов ММИК на подвижной платформе и оператора

антенны совпадал с серединой обогревательного простенка (рис.3), между смотровыми лючками. В этом положении производится измерение уровня радиотеплового излучения.

После измерения температуры РМ ММД на этом же месте размещается ИК датчик и измеряется температура инфракрасного излучения.

Синхронно с измерениями в ММД и в ИК диапазоне осуществляется контроль температуры внутри вертикалов оптическим пирометром при снятом смотровом лючке.

Третий этап. Измерение распределения интенсивности радиояркого излучения и температуры на поверхности перекрытия коксовой батареи вдоль движения загрузочного крана (рис. 3), т.е. поперек обогревательных простенков и коксовых камер.

Измерительный комплекс на подвижной платформе располагается между вертикалами. Производится измерение радиояркой температуры РМ датчиком ММД и ИК датчиком, а также измерения обоими датчиками над коксовой камерой. При этом осуществляется контроль температуры внутри вертикалов оптическим пирометром.

Четвертый этап. Измерения временных изменений температуры в отдельных точках на поверхности коксовой батареи. ММИК располагается в выбранной точке таким образом, чтобы антенна РМ датчика была над вертикалом, посередине между смотровыми лючками. Производится замер радиояркой температуры через равные интервалы времени.



Рис. 3. Измерение температур вдоль и поперек простенка

Результаты измерений

На рис.4 представлены результаты измерений температуры РМ датчиками ММД и ИК диапазона вдоль обогревательного простенка, на рис.5 аналогичные измерения температур поперек обогревательных простенков коксовых камер, на рис.6 временные измерения температуры в одной точке. В нижней части рис.4 показано местоположение характерных поверхностных неоднородностей: рельсов (1), загрузочных люков (2), металлической стяжки (3). В местах, где расположены стяжки и рельсы, измерения не проводились.

Кривые зависимостей температур, измеренных РМ датчиком ММД и ИК датчиком, имеют хорошее

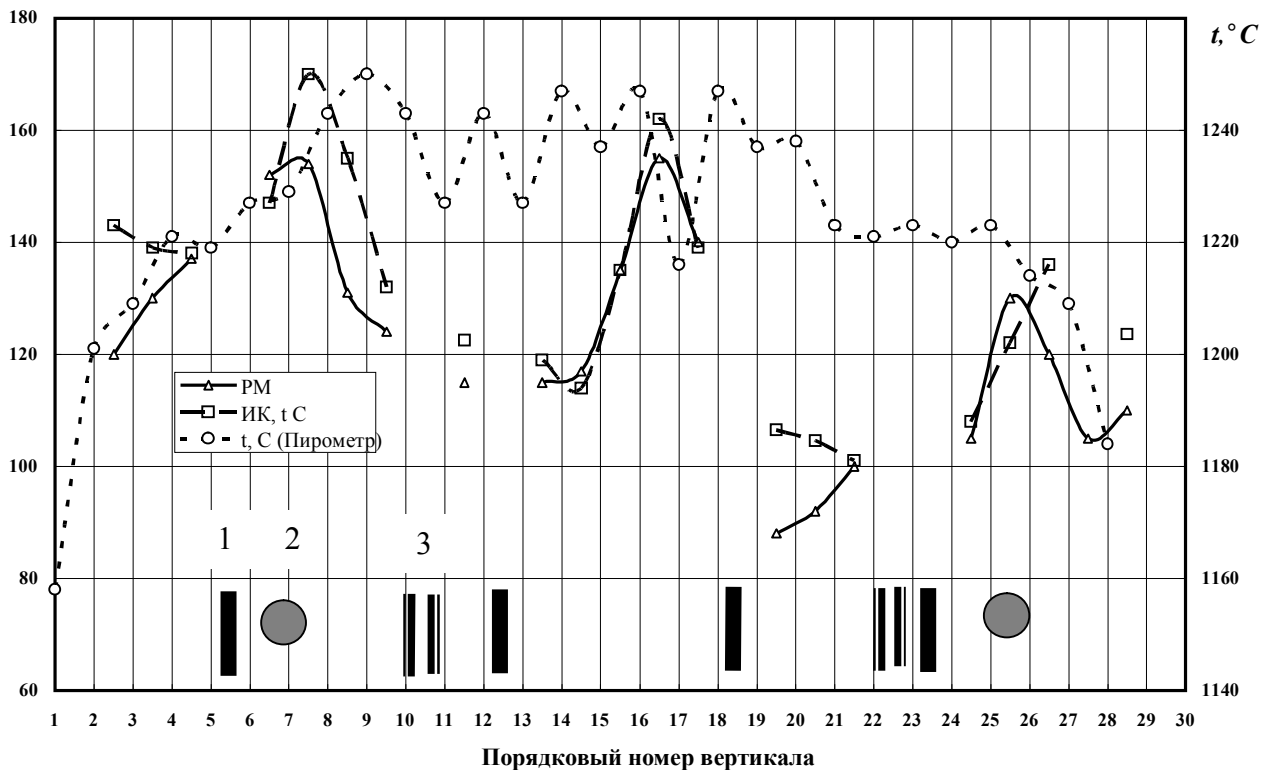


Рис. 4. Результаты измерений вдоль обогревательного простенка

совпадение. Необходимо отметить, что вблизи загрузочных люков, наблюдается повышение температуры, измеренной ИК датчиком. Там же наблюдается увеличение уровня радиояркого излучения в 8-мм диапазоне. Этот эффект закономерен вследствие того, что металлические лючки является плохим терморегулятором, они нагреваются сами и греют окружающий массив кладки печи.

Минимальные значения температуры в обоих диапазонах соответствуют измерениям над стяжками. Распределение температур, измеренное пирометром, имеет равномерный характер со спаданием

к краям обогревательного простенка на 60°C . Данные ИК датчика в большей степени зависят от поверхностных неоднородностей и имеют более высокие перепады в середине простенка, до 60°C .

На рис.6 представлены результаты измерений изменения радиотеплового излучения в зависимости от времени в одном из простенков между двумя вертикалами. Штрихами на оси абсцисс отмечено время «кантовки», т.е. время подогрева вертикала в одном из направлений. Меньшие значения по оси ординат соответствуют более высокому уровню радиотеплового излучения.

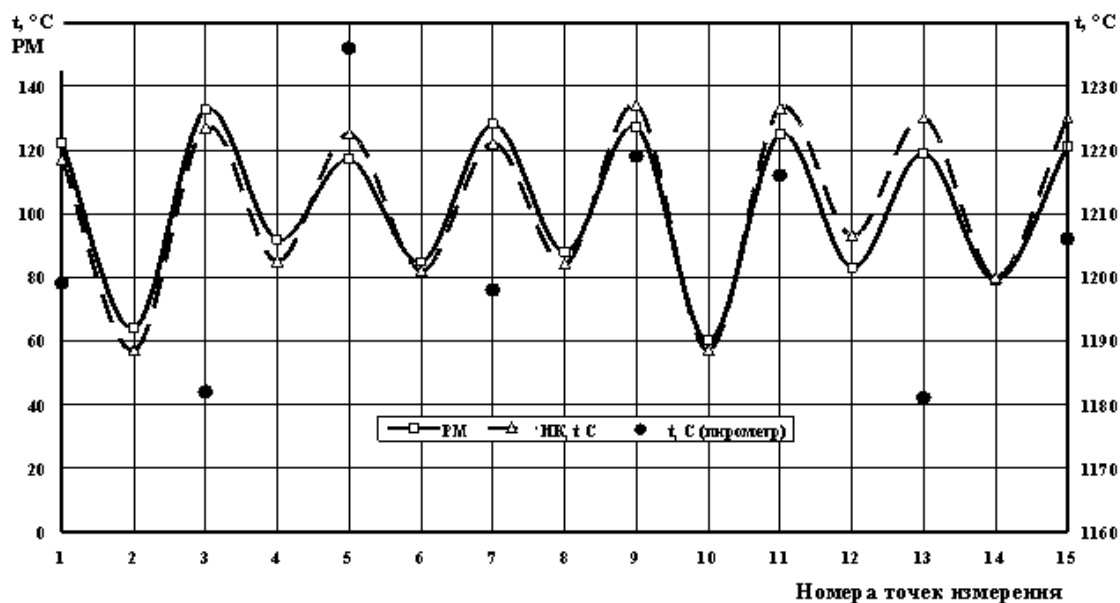


Рис. 5. Результаты измерений поперек обогревательных простенков коксовых камер

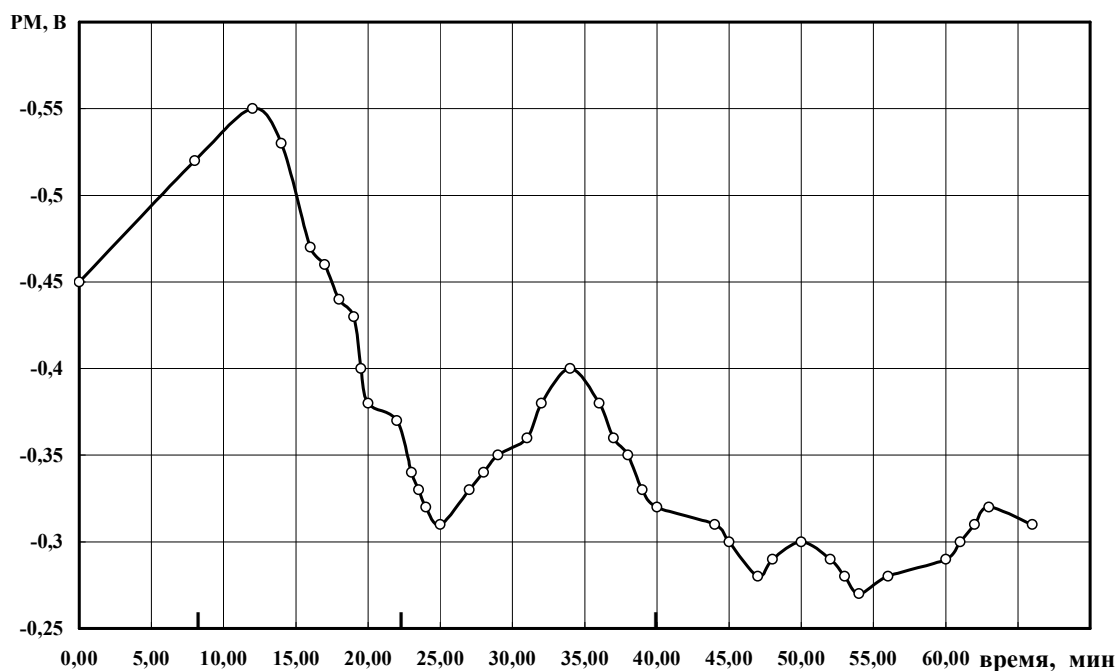


Рис. 6. Временная зависимость уровня радиотеплового излучения

Имеет место осциллирующий характер радиотеплового излучения указанного участка поверхности (между двумя вертикалями). Со временем средний уровень стремится к постоянному значению. Это можно объяснить изменением теплового режима при «кантовке».

Выводы

1. Обоснована возможность дистанционного измерения средней температуры коксовой печи радиоволновым методом через оптически непрозрачный и частично радиопрозрачный экран.

2. Показана целесообразность одновременных радиометрических измерений в нескольких диапазонах длин волн – в 8 мм диапазоне, в ИК диапазоне (температурный интегральный канал) с целью повышения точности и «отсечения» внешних воздействий (например, под действием солнца может происходить нагрев кладки печи).

3. Сравнение экспериментальных результатов, полученных с помощью мобильного многодиапазонного измерительного комплекса, с результатами измерений оптическим пирометром показывает, что:

- ММИК имеет достаточную чувствительность для установления связи показаний приборов с тепловыми изменениями внутри отопительных простенков;

- ММИК позволяет определять распределения температуры вдоль длины отопительных простенков, а так же контролировать изменение радиотеплового излучения при выгрузке кокса и загрузке шихты.

4. Сравнительный анализ результатов показывает, что в процессе измерений с помощью мобильного многодиапазонного измерительного комплекса определяется интегральная температура всей области печи, излучение которой принимается измерительным комплексом.

5. Мобильный многодиапазонный измерительный комплекс позволяет повысить оперативность и информативность измерений, вследствие чего появляется возможность более точного определения температуры внутри обогревательного простенка.

6. Применение ММИК позволяет оценить температуру кокса непосредственно в процессе коксования, что в свою очередь позволяет устранить перегрев или недогрев (недогрев) коксового «пирога» и тем самым повысить качество кокса.

7. Для включения данных, получаемых с помощью ММИК, в систему автоматического управления технологическим процессом производства кокса необходимо провести одновременные измерения в течение нескольких циклов с малыми временными интервалами на разных участках поверхности батареи.

Литература

1. Башаринов, А.Е. Измерение радиотепловых и плазменных излучений [Текст] / А.Е. Башаринов, Л.Т. Тучков, В.М. Поляков, Н.И. Ананов. – М.: Сов. радио, 1968. – 390 с.

2. Криксунов, Л.З. Инфракрасные системы обнаружения, пеленгации и автоматического сопровождения движущихся объектов [Текст] / Л.З. Криксунов, И.Ф. Усольцев. – М.: Сов. адио, 1968. – 320 с.

3. Автоматический контроль температурного режима коксовых печей [Текст] / А.А. Журавский, В.В. Корницкий, В.П. Проненко, И.В. Сытенко, А.М. Королев, В.И. Подъячий // Кокс и химия. – 1995. – № 2. – С. 7 – 10.

4. Замер температур в черной металлургии сверхвысокочастотным пирометром [Текст] / А.А. Журавский, С.С. Мартынов, А.Г. Таран, Н.Г. Шевченко, И.Ю. Гужа, Е.Г. Безматъев // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2006. – № 7. – С. 36 – 40.

5. Wide-band Measuring Complex Designed for Remote Control of Thermal Radio Radiation produced by Coke-Oven batteries [Text] / V.N. Bykov, A.M. Grichaniuk, D.D. Ivanchenko, V.A. Krayushkin, A.A. Zhyravsky, S.V. Fedorova, A.P. Hudokormov, E.V. Rjapolov, T.D. Berezhnaya // 2010 5th International Conference on Ultra wideband and ultra short impulse signals, UWBUSIS 2010 Proceedings. – Sevastopol (Ukraine). – P. 278 – 281.

6. Multi-spectral measurement complex for remote sensing [Text] / V.N. Bykov, A.M. Grichaniuk, D.D. Ivanchenko, V.A. Krayushkin, M.G. Shokin, T.D. Berezhnaya // Системи управління, навігації та зв'язку: Зб. наук. праць. – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління. – 2008. – Вип.4(8). – С. 12 –14.

7. Passive multichannel millimeter-waves imaging system [Text] / V.P. Gorishniak, A.G. Denisov, S.E. Kuzmin, V.N. Radzikhovskiy, B.M. Shevchuk. // The Fifth International Kharkov Symposium on Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves. Symposium Proceedings. – V.1. – Kharkov (Ukraine). – 2004. – P. 202 – 204.

Поступила в редакцію 17.11.2011

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф., проф. каф. теоретической радиофизики С.Н. Шульга, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Украина.

МОБІЛЬНИЙ БАГАТОДІАПАЗОННИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ВСЕРЕДИНИ КОКСОВОЇ БАТАРЕЇ

*В.М. Биков, Д.Д. Іванченко, М.М. Колчигін, А.О. Журавський,
С.В. Федорова, А.П. Худокормов, Е.В. Ряполов, Т.Д. Бережна*

Обґрунтована можливість дистанційного контролю середньої температури коксової батареї радіохвильовим методом через оптично непрозорий екран та частково прозорий екран для електромагнітних хвиль. Розроблений мобільний багато діапазонний вимірювальний комплекс, який дозволяє підвищити оперативність та інформативність вимірювань, внаслідок чого з'являється можливість більш точного визначення температури всередині обігриваючого простінка коксової батареї безпосередньо у процесі коксування. Порівняльний аналіз результатів, які отримані у міліметровому, інфрачервоному та видимому діапазонах електромагнітних хвиль, показує, що багатодіапазонний комплекс дозволяє визначити інтегральну температуру усієї області печі.

Ключові слова: радіометр, міліметровий та інфрачервоний діапазони електромагнітних хвиль, дистанційний контроль температури, коксова батарея.

A MOBILE MULTIBAND MEASURING COMPLEX FOR THE REMOTE CONTROL OF THE TEMPERATURE INSIDE COKERY

*V.N. Bykov, D.D. Ivanchenko, N.N. Kolchigin, A.A. Zhyravsky,
S.V. Fedorova, A.P. Hudokormov, E.V. Rjapolov, T.D. Berezhnaya*

A facility is proven for remote control by a radio wave method of the average temperature of a cokery with an optically opaque and electromagnetically partially opaque screen. The mobile multiband measuring complex is created that enables to enhance the operational and informative efficiency of the measurements whereby one can determine more accurately the temperature inside the heating wall right in the process of coking. The comparative analysis of the results in the millimeter, infrared and optical bands demonstrates the multiband complex allows to determine the integral temperature of the whole cokery volume.

Key words: radiometer, millimeter and infrared bands, remote control of temperature, cokery.

Быков Виктор Николаевич – д-р техн. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник кафедры теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков.

Иванченко Дмитрий Дмитриевич – канд. физ.-мат. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник кафедры теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков.

Колчигин Николай Николаевич – д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков.

Журавский Анатолий Александрович – канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт, Харьков.

Федорова Светлана Владимировна – научный сотрудник, Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт, Харьков.

Худокормов Андрей Петрович – заместитель начальника технического отдела, ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Авдеевка.

Ряполов Эдуард Владимирович – начальник коксового цеха, ОАО «Авдеевский коксохимический завод», Авдеевка.

Бережная Татьяна Дмитриевна – инженер кафедры теоретической радиофизики, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков.