

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202390565** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.10.10

(51) Int. Cl. **G01N 23/22** (2018.01)
G01N 23/2208 (2018.01)
G01V 5/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.02.22

(54) **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**

(96) **KZ2023/005 (KZ) 2023.02.22**

(71) Заявитель:
ПАК ЮРИЙ (KZ)

(72) Изобретатель:

**Пак Юрий, Исмаилов Хандаш Калби
оглы, Абаева Нелла Фуатовна, Журов
Виталий Владимирович, Кажикенова
Сауле Шарапатовна, Шаихова
Гульназира Сериковна, Пак Дмитрий
Юрьевич, Тебаева Анар Юлаевна
(KZ)**

(57) Изобретение относится к области контроля качества твердых горючих ископаемых ядерно-физическими способами. Задачей изобретения является повышение чувствительности определения выход летучих веществ. Инструментальный способ определения выхода летучих веществ в твердом топливе, основанный на его облучении быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ): устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, в области энергии 6.1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_o при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_c при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_o и ядрами углерода N_c . Технический результат изобретения состоит в повышении чувствительности способа и расширении сферы применения за счет дополнительного измерения на стандартных образцах топлива интенсивностей ГИНР ядрами кислорода N_o и углерода N_c при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$ и $\Delta E(C)$ и определении выхода летучих веществ по измеренным интенсивностям N_o и N_c .

A1

202390565

202390565

A1

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Изобретение относится к области контроля качества твердых горючих ископаемых ядерно-физическими способами и может быть использовано для определения выхода летучих веществ в процессе добычи и переработки в угледобывающей, углехимической и топливно-энергетической отраслях промышленности.

Выход летучих веществ (ВЛВ) в твердом топливе является одним из важнейших качественных и классификационных параметров углей, влияющих на теплоту сгорания и спекаемость топлива.

Выход летучих веществ в твердом горючем ископаемом является сложной функцией, зависящей от многих факторов: степени метаморфизма, содержания углерода, кислорода и минеральных примесей (зольность).

Известен способ определения выхода летучих веществ в углях, заключающийся в облучении потоком быстрых нейтронов и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ (Старчик Л.П., Пак Ю.Н. Ядерно-физические методы контроля качества твердого топлива. М. Недра, 1985. 224 с.). Недостатком известного способа является слабая информативность и низкая чувствительность, обусловленные тем, что выход летучих веществ оценивается лишь по данным о содержании углерода.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ, основанный на облучении твердого горючего ископаемого потоком быстрых нейтронов и регистрации ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ (Патент Республики Казахстан №35043. Способ определения выхода летучих веществ в твердом горючем ископаемом. 30.04.2021. Авторы Пак Ю.Н., Пак Д.Ю., Нугужинов Ж.С. и др.).

Известный способ характеризуется большей информативностью, так как учитывает роль и кислорода, влияющего на выход летучих веществ. Более того, в этом способе оптимизирован выбор ширины энергетического окна ΔE в области ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ с точки зрения максимальной контрастности интенсивности ГИНР при изменении концентрации углерода в твердом топливе.

Однако неоднозначное влияние углерода и кислорода, находящихся и в органической и минеральной массе твердого топлива, на величину выхода летучих веществ, снижают чувствительность способа и ограничивают сферу его применения.

Задачей изобретения является повышение чувствительности определения выхода летучих веществ в условиях его изменчивости и переменного вещественного состава горючего ископаемого.

Технический результат изобретения состоит в повышении чувствительности определения выхода летучих веществ и расширении сферы применения способа.

Поставленная задача решается следующим образом. В процессе облучения твердого топлива быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ, дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ): устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, в области энергии 6.1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C .

Идея предлагаемого способа заключается в оптимизации инструментальных сигналов от углерода и кислорода, сложным образом влияющих на выход летучих веществ.

При неупругом рассеянии быстрых нейтронов (14МэВ) на ядрах кислорода возникает мгновенное гамма-излучение с энергией 6.1 МэВ. Интенсивность этого гамма-излучения зависит от содержания кислорода, находящегося в органической массе топлива и в минеральной массе в виде оксидов Al, Si, Ca, Fe и карбонатов $CaCO_3$, $FeCO_3$ и др. Четкой взаимосвязи между содержанием кислорода, зольностью топлива и выходом летучих веществ не существует.

В такой ситуации на стандартных образцах твердого топлива с известными ВЛВ устанавливают зависимости интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от ВЛВ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят оптимальную ширину интервала $\Delta E(O)$, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ. Измеренная интенсивность

ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$ будет максимально чувствительна к выходу летучих веществ.

Учитывая, что между содержанием углерода в твердом топливе и ВЛВ нет четкой однозначной связи, устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ. Измеренная интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$ будет максимально чувствительна к выходу летучих веществ.

В итоге интенсивности ГИНР быстрых нейтронов N_O , N_C , измеренные при найденных оптимальных с точки зрения максимальной дифференциации к изменению ВЛВ ширине энергетических интервалов $\Delta E(O)$ и $\Delta E(C)$, будут более чувствительны к выходу летучих веществ.

Существенным отличием изобретения от прототипа является то, что дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ): устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, в области энергии 6.1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C .

Способ реализуется следующим образом. Исследуемое твердое топливо размещается в цилиндрической кювете с кольцевым зазором. В качестве источника быстрых нейтронов использован генератор нейтронов, испускающий нейтроны с энергией 14 МэВ мощностью $6 \cdot 10^7$ н/с. Сцинтилляционный детектор окружен кожухом, содержащим бор. Спектральное распределение ГИНР измерялось многоканальным анализатором импульсов АИ-1024.

На стандартных образцах топлива с известными величинами выхода летучих веществ устанавливают зависимости интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от ВЛВ и ширины энергетического интервала ΔE в области

энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР ядрами кислорода при изменении ВЛВ. Найденная оптимальная ширина энергетического интервала в области 6.1 МэВ $\Delta E(O)$ составила (5.12-3.63) МэВ. Аналогичным образом найденная оптимальная ширина энергетического интервала в области 4.43 МэВ $\Delta E(C)$ составила (3.82-4.61) МэВ. Выход летучих веществ определяли по измеренным интенсивностям ГИНР N_o и N_c при найденном $\Delta E(O) = 5.12-6.36$ МэВ и $\Delta E(C) = 3.82-4.61$ МэВ.

В таблице представлены метрологические характеристики предлагаемого способа и способа-прототипа.

Способ	Выход летучих веществ, %	Чувствительность, Проц./выход летучих веществ, %
	Зольность, %	
Предлагаемый	21.4 – 43.3	7.48
	24.1 – 40.6	
Прототип	21.4 – 43.3	6.06
	24.1 – 40.6	

Предлагаемый инструментальный способ определения выхода летучих веществ в твердом топливе в сравнении со способом-прототипом выгодно отличается повышенной чувствительностью к выходу летучих веществ в условиях его изменчивости и переменного вещественного состава, что существенно расширяет сферу его применения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ

Инструментальный способ определения выхода летучих веществ в твердом топливе, основанный на его облучении быстрыми нейтронами с энергией 14 МэВ и регистрации гамма-излучения неупругого рассеяния (ГИНР) быстрых нейтронов ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ и ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ, отличающийся тем, что дополнительно на стандартных образцах твердого топлива с известным выходом летучих веществ (ВЛВ): устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами кислорода с энергией 6.1 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 6.1 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(O)$, в области энергии 6.1 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами кислорода при изменении ВЛВ; устанавливают зависимость интенсивности ГИНР ядрами углерода с энергией 4.43 МэВ от выхода летучих веществ и ширины энергетического интервала ΔE в области энергии 4.43 МэВ, находят ширину энергетического интервала $\Delta E(C)$ в области энергии 4.43 МэВ, при которой достигается максимальная дифференциация интенсивности ГИНР быстрых нейтронов ядрами углерода при изменении ВЛВ, измеряют интенсивность ГИНР ядрами кислорода N_O при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(O)$, интенсивность ГИНР ядрами углерода N_C при найденной ширине энергетического интервала $\Delta E(C)$, а выход летучих веществ в твердом топливе определяют по измеренным интенсивностям ГИНР ядрами кислорода N_O и ядрами углерода N_C .

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202390565

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

G01N 23/22 (2018.01)
G01N 23/2208 (2018.01)
G01V 5/00 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)

G01N 23/00 - G01N 23/2276, G01V 5/00 - G01V 5/14

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) ЕАПАТИС, WIPO Patentscope, Espacenet (Worldwide collection)

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	EA 201892451 A2 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ИМ. Н.Л. ДУХОВА"), 31.07.2019, весь документ	1
A	RU 2523770 C1 (БОРТАСЕВИЧ ВИКТОР СТЕПАНОВИЧ), 20.07.2014, весь документ	1
A	RU 2559309 C1 (КОСОВ МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ), 10.08.2015, весь документ	1
A	GB 2244330 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK), 27.11.1991, весь документ	1
A	GB 2276237 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK), 21.09.1994, весь документ	1
A	US 2001/014134 A1 (КЕНАЙАС JOSEPH J, TRUSTEES OF TUFTS COLLEGE), 16.08.2001, весь документ	1

последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники
«D» - документ, приведенный в евразийской заявке
«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
«&» - документ, являющийся патентом-аналогом
«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **26/07/2023**

Уполномоченное лицо:
Зам начальник отдела механики,
физики и электротехники


М.Н. Юсупов