

НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НІКОЛАЙЧУК ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 662.614.2

**РОЗРОБЛЕННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ОСНОВ ВИКОРИСТАННЯ
ПОКАЗНИКА ТЕМПЕРАТУРИ ЗАЙМАННЯ В ЯКОСТІ ЕКСПРЕС-
ОЦІНКИ МАРОЧНОЇ НАЛЕЖНОСТІ ВУГІЛЛЯ**

05.17.07 – Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в ДВНЗ «Донбаський державний педагогічний університет» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Мірошниченко Денис Вікторович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
завідувач кафедри технологій переробки нафти, газу та твердого палива

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Малий Євген Іванович,
Національна металургійна академія України, м. Дніпро,
професор кафедри металургійного палива та вогнетривів

кандидат технічних наук, доцент
Збиковський Євген Іванович,
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ,
завідувач кафедри хімічних технологій

Захист відбудеться «05» 11 2019 р. о 12³⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.084.05 в Національній металургійній академії України за адресом: 49600, м. Дніпро, просп. Гагаріна, 4.

Факс: +38 (0562) 47-44-27, e-mail: d0808405-nmetau@metal.nmetau.edu.ua

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національній металургійній академії України за адресою: 49600, м. Дніпро, просп. Гагаріна, 4.

Автореферат розіслано «19» 09 2019 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 08.084.05,
к.т.н., доц.

М.С. Чемеринський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. При наявності обмеженої кількості українського коксівного вугілля можливим рішенням є залучення імпортного вугілля ближнього та дальнього зарубіжжя.

Можна констатувати, що частка українського вугілля протягом останніх років знижується, і в 2017 році склала 22,1 %, а імпортна складова сировинної бази коксування зросла до 77,9 %.

Необхідно зазначити, що постачання закордонного вугілля внаслідок значної відстані транспортування є досить тривалими (декілька місяців), включаючи довге перевезення водним або залізничним транспортом, зберігання на місці видобутку, у портах, перевалочних станціях тощо.

В результаті багатьох вантажних операцій вугілля може змішуватися з іншими марками, тим самим втрачаючи свою технологічну цінність. Використання таких сумішей негативно позначається на якості отриманого доменного коксу, призводячи до підвищення його витрати в доменному процесі.

Виходячи з викладеного, виникла потреба в розробці експрес-методу оцінки марочної належності вугілля, що надходить на коксохімічні підприємства України, або зберігається на перевалочних пунктах для його подальшого перевезення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Зміст роботи відповідає напрямкам «Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2020 р.». Крім того, за безпосередньою участю автора виконані наступні науково-дослідні роботи: «Удосконалення методики виконання вимірювань температури займання кам'яного вугілля та встановлення ступеню його окиснення» для ПрАТ «ЗАПОРІЖКОКС» № ДР 0115U001478 та «Розробка стандартного зразка підприємства для методу по визначенню окиснення вугілля» № ДР 0115U003888 для ПрАТ «Авдіївський коксохімічний завод», рівень участі здобувача в даних роботах – виконавець.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є вирішення важливого науково-технічного завдання: розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій щодо використання показника температури займання в якості експрес-оцінки марочної належності вугілля, що надходить на коксування.

Для досягнення поставленої мети в роботі підлягають вирішенню наступні задачі:

1. Виконання критичного аналізу результатів дослідження щодо використання показників якості вугілля для експрес-оцінки марочної належності вугілля, що надходить на коксування.

2. Визначення температури займання двох-, трьох- та багатокомпонентних сумішей вугілля різного ступеня метаморфізму та гранулометричного складу.

3. Встановлення впливу швидкості нагріву і ступеня окиснення вугілля різного ступеня метаморфізму на температуру його займання.

4. Визначення зв'язку температури займання з класифікаційними показниками якості вугілля.

5. Розроблення теоретичних основ використання показника температури займання в якості експрес-оцінки марочної належності вугілля.

6. Розробка контрольного зразку з фіксованою температурою займання.

Об'єкт дослідження – процеси, які відбуваються при визначенні температури займання вугілля різного ступеня метаморфізму в стандартизованому устаткуванні.

Предмет дослідження – вугілля різної стадії метаморфізму та вугільні суміші.

Методи дослідження. В експериментальній частині роботи використані сучасні стандартизовані методи визначення властивостей вугілля: технічний (W_t^r , A^d , S_t^d , V^{daf}), петрографічний (R_o , V_t , S_v , I , L , рефлектограма вітриніту) і елементний (C^{daf} , H^{daf} , N^{daf} , S_t^d , O_d^{daf}) аналізи. Теплоту згоряння (Q_s^{daf}) визначали згідно ДСТУ ISO 1928:2006 «Палива тверді мінеральні. Визначення найвищої теплоти згоряння методом спалювання в калориметричній бомбі та обчислення найнижчої теплоти згоряння», показник окиснення вугілля згідно ДСТУ 7611:2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення і ступеня окиснення». Статистичний аналіз отриманих результатів і розробка математичних залежностей виконувались за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Наукова новизна отриманих результатів.

На підставі виконаних досліджень отримані наступні важливі результати.

1. Вперше встановлено наявність систематичних відхилень фактичних значень температур займання вугільних сумішей від розрахованих за правилом адитивності в бік вугілля з меншою температурою займання. Методами математичної статистики доказано, що ці відхилення носять істотний невипадковий характер.

Висловлене припущення, що в сумішах, в першу чергу, займається компонент з меншою температурою займання, а енергія, що виділяється при цьому, призводить до займання суміші в цілому.

2. Запропоновано механізм хімічних реакцій, які відбуваються при визначенні температури займання вугілля. За допомогою використання відомого рівняння Кіссінджера визначені значення енергії активації і передекспоненціального множника рівняння Ареніуса для займання вугілля різного ступеня метаморфізму і окиснення.

3. Встановлено, що константа швидкості процесу займання збільшується зі збільшенням ступеня окиснення і зниженням ступеня метаморфізму дослідного вугілля. Збільшення константи швидкості займання одночасно зі збільшенням енергії активації пояснюється в рамках зростання передекспоненціального множника і його домінуючого вкладу в результуюче значення константи швидкості.

4. Вперше за допомогою математичних методів дослідження доведено наявність тісного зв'язку між температурою займання та класифікаційними показниками якості вугілля – показниками відбиття вітриніту та виходу летких речовин, а також показниками будови органічної маси вугілля – вмісту загального та ароматичного вуглецю та ступенем ненасичення його структури.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Встановлено, що температура займання вугілля різного ступеня метаморфізму і окиснення практично цілком залежить від швидкості нагрівання. За розробленим математичним рівнянням можна розрахувати температуру займання дослідженого вугілля в діапазоні швидкостей його нагрівання від 2 до 7 °С/хв.

2. Визначені температури займання відновленого (неокисненого) коксівного вугілля окремих марок і груп згідно ДСТУ 3472:2015 «Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація».

3. Встановлено, що використання показника температури займання відновленого (неокисненого) вугілля дозволяє своєчасно виявити невідповідність фактичної марочної належності вугілля задекларованій марці, провести першочерговий комплекс досліджень властивостей цього вугілля і, з урахуванням отриманих даних, вжити заходів щодо підтримання заданого марочного складу і властивостей вугільної шихти, а також стабілізації якості виробленого доменного коксу.

4. Розраховано, що економічний ефект від використання температури займання для контролю марочного складу і якості вугільних концентратів буде складатися з запобігання шкоди від позапланової зміни показників якості шихти для коксування, які впливають на вихід і якість валового і доменного коксу.

5. Основні теоретичні положення та результати експериментальних досліджень дисертації використовуються в навчальному процесі на кафедрах металургійного палива і вогнетривів Національної металургійної академії України, технологій переробки нафти, газу і твердого палива НТУ «ХП» та хімічної переробки нафти і газу Національного університету «Львівська політехніка».

Особистий внесок здобувача. Всі результати дисертації отримані автором особисто або за його безпосередньої участі. Автором разом з науковим керівником визначені основні науково-технічні засади та положення роботи; сформульовані мета, задачі та обрано методи дослідження. Здобувачем самостійно: виконано літературний огляд щодо існуючих експрес-методів визначення якості вугілля; проаналізовано вплив швидкості нагріву і ступеня окиснення вугілля на температуру його займання; визначено зв'язок температури займання з показниками складу, будови та якості вугілля. За безпосередньої участі автора виконувалися лабораторні дослідження з визначення петрографічних характеристик, найвищої теплоти згоряння, а також максимальної вологоємності вугілля. Математичні розрахунки, включно з розробкою кількісних залежностей, виконувалися автором особисто.

В роботах, виконаних у співавторстві з іншими дослідниками, автору належить провідна роль у постановці задач досліджень, проведенні комплексу експериментальних та теоретичних досліджень, аналізі та узагальненні отриманих результатів.

Апробація результатів роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на 9 міжнародних науково-технічних конференціях:

– VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Наука і освіта 2005» (Дніпропетровськ, Україна, 2005 р.);

– VI-й Міжнародній конференції «Стратегія якості в промисловості та в освіті» (Варна, Болгарія, 2010 р.);

– IV-й Всеукраїнській науково-практичній конференції «Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців педагогів в природній та технічній галузях» (Бердянськ, Україна, 2013 р.);

– Всеукраїнській конференції «Проблеми трудової і промислової підготовки в контексті національної стратегії розвитку освіти України» (Слов'янськ, Україна, 2014 р.);

– Міжвузівській науково-практичній web-конференції «Технологічна освіта: проблеми, інновації, перспективи» (Лисичанськ, Україна, 2014 р.);

– III-й Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної науки» (Львів, Україна, 2015 р.);

– I-й Міжнародній науково-практичній конференції «Фундаментальные и практические исследования: современные научно-практические решения и подходы» (Баку, Азербайджан, 2016 р.);

– IX-й Міжнародній науково-технічній конференції «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості» (Львів, Україна, 2018 р.);

– I-й Міжнародній заочній науково-технічній конференції з сучасних технологій переробки паливних копалин (Харків, Україна, 2018 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 23 наукових праць, у тому числі 16 статей у спеціалізованих наукових журналах (з них 8, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science), 7 тез доповідей у збірниках матеріалів міжнародних конференцій.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти основних розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації становить 147 сторінок: 22 рисунка за текстом, 49 таблиць за текстом, 146 найменувань використаних літературних джерел на 16 сторінках, 10 додатків на 19 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи: обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета та основні завдання роботи, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів дисертації, а також її апробацію.

У першому розділі наведено аргументи щодо необхідності лабораторіям коксохімічних підприємств і теплових електростанцій мати обладнання, яке дозволяє встановити марочну належність, категорію якості, а також ступінь окиснення вугілля, що надходить на ці підприємства. Виходячи з цього, стає актуальним питання щодо підбору методів, які дозволяють прогнозувати класифікаційні показники якості вугілля за якомога менший час.

Розглянуті найбільш відомі у теперішній час експрес-методи визначення марочної належності вугілля, зокрема: оптимальної густини діметилсульфоксидного екстракту; пришвидшений метод визначення ділатометричних показників;

визначення індексу вільного спучування, методу прикоксовування вугілля та методу безконтактного лазерного аналізу.

Встановлено, що вищезгадані методи не дозволяють з досить високою експресністю і надійністю прогнозувати один або кілька класифікаційних показників вугілля.

Висловлено припущення, що таким показником може стати температура займання вугілля (t_{36}), що визначається при оцінці його окиснення згідно ДСТУ 7611:2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення та ступеня окиснення». Для практичного використання цього показника з метою експрес-визначення фактичних технологічних властивостей вугілля їх заявленій марочній належності необхідно виконати комплексні лабораторні та дослідно-промислові дослідження.

У другому розділі наведені перелік застосованих у дисертаційній роботі стандартизованих методів визначення складу та властивостей вугілля.

Визначення температури займання здійснювали згідно ДСТУ 7611:2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення та ступеня окиснення».

Суть методу полягає у вимірюванні температури займання випробуваного, відновленого (неокисненого) і окисненого вугілля.

Для визначення температури займання випробуваного вугілля (t_3 , °C) змішують 0,5 г вугілля з 0,25 г нітриту натрію.

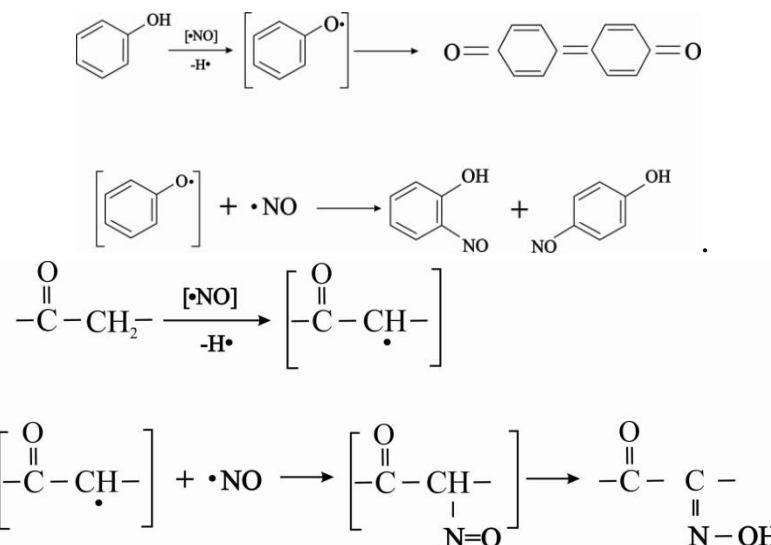
Використання нітриту натрію, який змішується з наважкою вугілля і нагрівається з ним, забезпечує після досягнення певної температури нагріву суміші бурхливу реакцію окиснення зразка вугілля, що супроводжується появою полум'я. Температура, за якої відбувається займання, приймається за температуру займання дослідного вугілля.

Використання нітриту натрію як окиснювача вугілля в даному методі застосовано на його здатності плавитися за температурою 271 °C і при подальшому нагріванні розкладатися за наступною схемою:

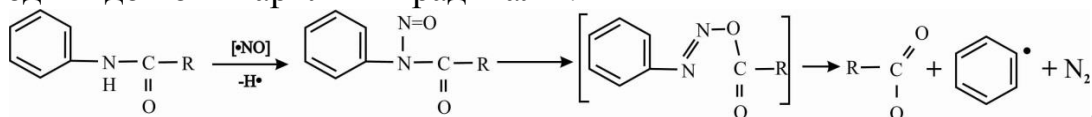


Поява в суміші з вугіллям реакційноздатних вільних радикалів NO і NO₂ (продуктів розкладу нітриту натрію) викликає розвиток процесів окиснення продуктів термічної деструкції вугілля, що протікають за ланцюговим вільнорадикальним механізмом. Найбільш легко з зазначеними радикалами реагують фенольні фрагменти макромолекул вугілля. Атака радикалів відбувається з відриву атома водню від гідроксилу, що призводить до утворення стабільного феноксид-радикала. Останній може димеризуватися або давати продукти заміщення атомів водню в ароматичному кільці на нітро- або нітрозогрупи.

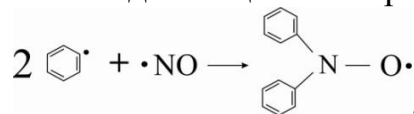
Атака нітрозорадикалів за метиленовими групами макромолекул вугілля особливо легко відбувається, якщо в α -положенні знаходиться карбонільна група. У цьому випадку спочатку також утворюється стабільний радикал, який шляхом приєднання нітрозорадикала переходить в монооксид:



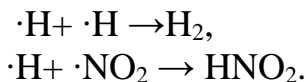
Більш складно протікають реакції радикалів по вторинному атому азоту, що призводить до появи арильних радикалів:



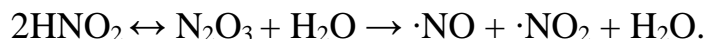
Отримані арильні радикали можуть реагувати з радикалом $\cdot\text{NO}$, даючи нове парамагнітне угруповування – дізаміщений нітроксильний радикал:



Утворений у всіх реакціях атомарний водень може взаємодіяти між собою і з радикалом $\cdot\text{NO}_2$ за схемами:



Азотиста кислота в умовах досвіду розкладається, як і нітрит натрію, на радикали $\cdot\text{NO}$ і $\cdot\text{NO}_2$:



Основними газоподібними продуктами в цьому процесі є: водяна пара, азот, водень, оксиди азоту.

Всі ці та подібні реакції супроводжуються тепловими ефектами і виділенням великої кількості тепла, яке призводить до значного розігрівання суміші і до займання вугільного зразка.

Для визначення температури займання відновленого (неокисненого) вугілля ($t_{зв}$, °C) змішують 0,5 г вугілля з 0,25 г нітриту натрію і 0,0125 г бензидину.

Додавання бензидину, відомого своїми відновними властивостями, в дослідях з визначенням ступеня окиснення вугілля зводиться до нейтралізації дії надлишку вільних радикалів в реакційній суміші, що в кінцевому підсумку дозволяє отримати значення температур займання, наближені до неокисненого вугілля.

Запропоновано в якості матеріала для виготовлення стандартного (контрольного) зразка використовувати коксовий корольок, що характеризується

стабільністю властивостей і значення температури займання та вкладається в діапазон фактичних значень температур займання кам'яного вугілля.

У третьому розділі визначено температури займання бінарних, трьох та багатокомпонентних вугільних сумішей, до складу яких входить вугілля різного ступеня метаморфізму в різному відсотковому співвідношенні.

Двокомпонентні вугільні суміші у рівному співвідношенні. Встановлено наявність системних відхилень фактичних значень температур займання сумішей від розрахованих за правилом адитивності в бік вугілля з меншою температурою займання. Ця залежність описується рівнянням (1), з коефіцієнтом детермінації, що дорівнює 94,3 %. Середнє квадратичне відхилення фактичних від розрахованих величин становить 4,12 °С.

$$t_{зв, сум, ф} = 2,35 + 0,14 \cdot t_{зв, 1} + 0,86 \cdot t_{зв, 2}, \quad (1)$$

де $t_{зв, 1}$ – температура займання компонента суміші з більшою величиною температури займання, °С;

$t_{зв, 2}$ – температура займання компонента суміші з меншою величиною температури займання, °С.

Аналізуючи рівняння (1), можна прийти до висновку, що температура займання бінарної суміші (співвідношення 50:50) лише на 14 % визначається температурою займання вугілля з максимальною величиною температури займання і на 86 % температурою займання вугілля з мінімальною температурою займання.

Двокомпонентні вугільні суміші в різному співвідношенні. Були виконані визначення температур займання сумішей, до складу яких входило вугілля різного ступеня метаморфізму в різному процентному співвідношенні (0, 25, 50, 75 і 100 %). Результати виконаних досліджень наведені у вигляді графіків на рис. 1–3. Результати визначення температур займання бінарної суміші вугілля, в якій варіювали вміст компонентів від 0 до 100 % (з кроком 10 %) наведено на рис. 4.

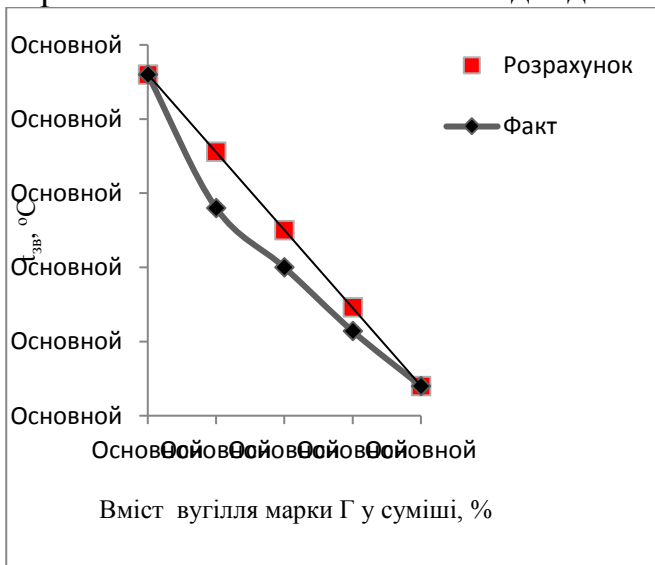


Рис. 1 – Фактичні і розраховані значення $t_{зв}$ в суміші вугілля марок Г і К

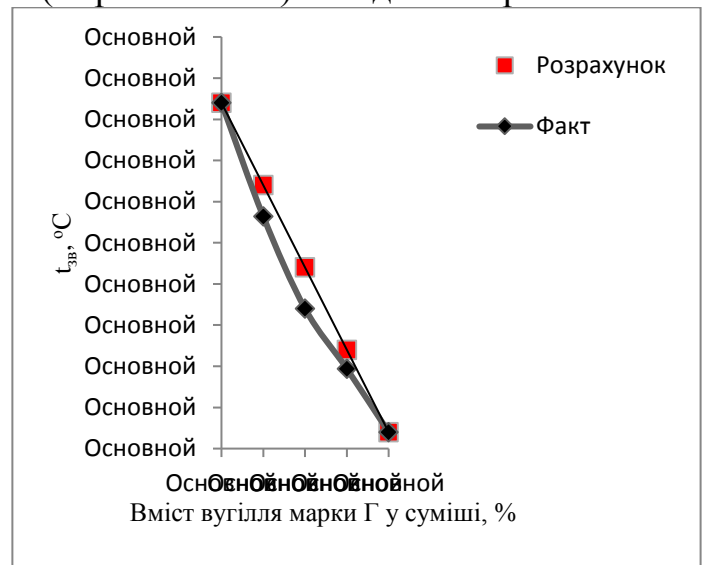


Рис. 2 – Фактичні і розраховані значення $t_{зв}$ в суміші вугілля марок Г і ПС

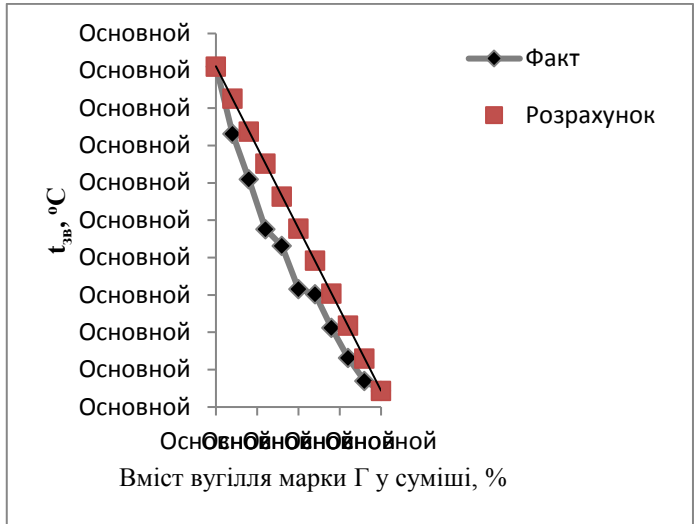
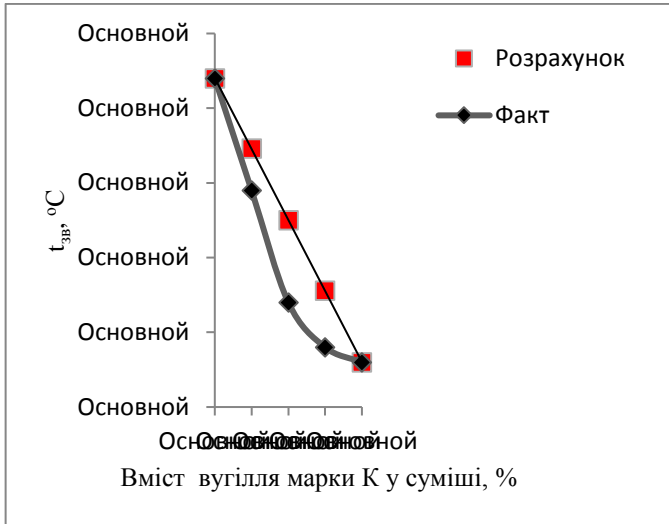


Рис. 3 – Фактичні і розрахункові значення $t_{зв}$ в суміші вугілля марок К і ПС

Рис. 4 – Фактичні і розрахункові значення $t_{зв}$ в суміші вугілля марок Г і ПС

Отримані експериментальні дані можуть бути, на нашу думку, пояснені з наступних позицій. На підставі загальновизнаних уявлень для початку процесу горіння необхідне підведення зовнішньої енергії. При цьому в сумішах в першу чергу займаються ті компоненти, для яких необхідно підвести мінімальну кількість енергії, тобто з меншою температурою займання. Кількість енергії, що виділяється при займанні цих компонентів, з надлишком вистачає і для займання більш важкозаймистого компонента, а це призводить і до займання суміші в цілому.

Практичне значення отриманих результатів полягає, зокрема, в тому, що при пилоподібному спалюванні вугілля на електростанціях для забезпечення необхідних властивостей палива широко застосовують паливні суміші, наприклад 90 % антрациту і 10 % газового вугілля. В якості пиловугільного палива в сучасних доменних печах використовується суміш з 70 % пісного і 30 % газового вугілля. При отриманні, зберіганні і використанні таких сумішей необхідно враховувати можливість зниження їх температури займання в порівнянні з розрахованою за правилом адитивності. Це дозволить не лише досягти заданих технологічних параметрів використання палива, а й забезпечити вибухопожежобезпеку роботи обладнання.

Внаслідок того, що верхня границя крупності пиловугільного палива, що подається на котли ТЕС або фурми доменних печей, не повинна бути більше 0,075 мм, додатково визначали температуру займання вугільних сумішей, подрібнених до вмісту 100 % класу менш ніж 0,075 мм.

Результати визначення температур займання бінарної суміші вугілля марки «Г» і антрациту, в якій варіювали вміст компонентів від 0 до 100 % (з кроком 10 %), наведені на рис. 5.

Аналізуючи наведений графічний матеріал, можна зробити висновок, що температура займання суміші газового вугілля і антрациту знаходиться в такій же залежності, як і для коксівного вугілля, а саме: фактичне значення температури займання суміші відхиляється в сторону вугілля з меншою температурою займання.

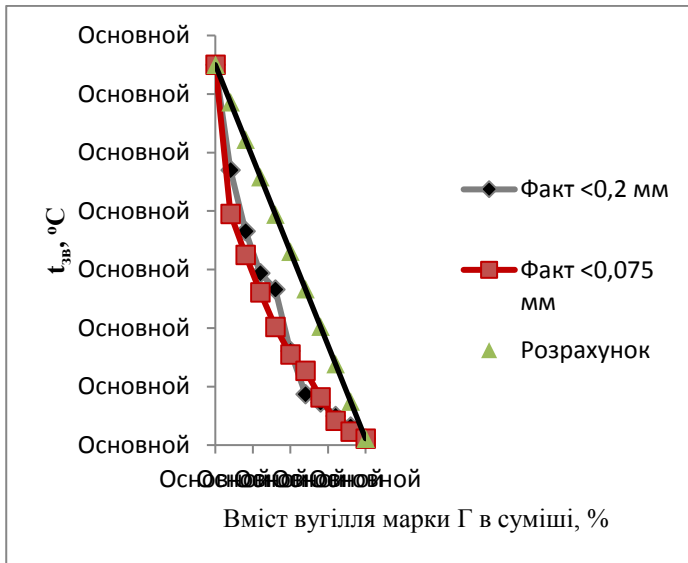


Рис. 5 – Фактичні і розрахункові значення $t_{зв}$ в суміші вугілля марки Г і антрациту за даними відсоткової участі вугільних компонентів з мінімальним, проміжним і максимальним значенням температури займання, прогнозувати температуру займання всієї суміші:

$$t_{зв,сум,ф} = 41,054 \cdot x_1 + 40,8216 \cdot x_{12} + 40,5244 \cdot x_2 - 3699,65, \quad (2)$$

де x_1 – участь в суміші компонента з максимальною температурою займання, %;

x_{12} – участь в суміші компонента з проміжною температурою займання, %;

x_2 – участь в суміші компонента з мінімальною температурою займання, %.

Коефіцієнт детермінації розробленої залежності становить 91,0 %, а середнє квадратичне відхилення дорівнює 4,6 °С.

Рівняння (2) можна представити у формі рівняння (3), коефіцієнт детермінації якого дорівнює 98,54 %:

$$t_{зв,сум,ф} = 1,2139 \cdot t_{зв,сум,ад} - 90,949, \quad (3)$$

де $t_{зв, сум, ф}$ – фактична температура займання трикомпонентної вугільної суміші, розрахована за рівнянням (2), °С;

$t_{зв, сум, ад}$ – температура займання трикомпонентної вугільної суміші, розрахована за правилом адитивності, °С.

Аналіз рівняння 3 свідчить про те, що фактична температура займання трикомпонентних вугільних сумішей, як і у випадку з двокомпонентними, відхиляється в бік вугілля з меншою температурою займання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони дозволяють прогнозувати температури займання вугільних сумішей та реальних виробничих шихт коксохімічних підприємств, що містять в своєму складі принципово ті ж марки вугілля, які були використані нами при проведенні досліджень. Це має велике значення з точки зору як технології, так і пожежної безпеки.

У розділі 4 показано, що устаткування для визначення окиснення вугілля відповідно до ДСТУ 7611:2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення та

Крім того, необхідно відзначити, що внаслідок того, що додаткове подрібнення вугілля призвело до зростання його реагуючої поверхні, значення фактичної температури займання суміші вугілля в подрібненні менше 0,075 мм ще сильніше відхиляються в бік вугілля з меншою температурою займання, в порівнянні з подрібненням менше 0,2 мм.

Багатокомпонентні суміші. Для прогнозу температур займання трикомпонентних сумішей було розроблено рівняння (2), що дозволяє

розрахувати температуру займання трикомпонентних сумішей за даними відсоткової участі вугільних компонентів з мінімальним, проміжним і максимальним значенням температури займання, прогнозувати температуру займання всієї суміші:

де x_1 – участь в суміші компонента з максимальною температурою займання, %;

x_{12} – участь в суміші компонента з проміжною температурою займання, %;

x_2 – участь в суміші компонента з мінімальною температурою займання, %.

Коефіцієнт детермінації розробленої залежності становить 91,0 %, а середнє квадратичне відхилення дорівнює 4,6 °С.

Рівняння (2) можна представити у формі рівняння (3), коефіцієнт детермінації якого дорівнює 98,54 %:

$$t_{зв,сум,ф} = 1,2139 \cdot t_{зв,сум,ад} - 90,949, \quad (3)$$

де $t_{зв, сум, ф}$ – фактична температура займання трикомпонентної вугільної суміші, розрахована за рівнянням (2), °С;

$t_{зв, сум, ад}$ – температура займання трикомпонентної вугільної суміші, розрахована за правилом адитивності, °С.

Аналіз рівняння 3 свідчить про те, що фактична температура займання трикомпонентних вугільних сумішей, як і у випадку з двокомпонентними, відхиляється в бік вугілля з меншою температурою займання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони дозволяють прогнозувати температури займання вугільних сумішей та реальних виробничих шихт коксохімічних підприємств, що містять в своєму складі принципово ті ж марки вугілля, які були використані нами при проведенні досліджень. Це має велике значення з точки зору як технології, так і пожежної безпеки.

У розділі 4 показано, що устаткування для визначення окиснення вугілля відповідно до ДСТУ 7611:2014 «Вугілля кам'яне. Метод визначення окиснення та

ступеня окиснення» може бути використане для визначення кінетичних параметрів процесу займання, що визначаються в рамках неізотермічної формальної кінетики.

Для розрахунку і порівняння кінетичних параметрів процесу займання вугілля різного ступеня метаморфізму були проведені дослідження, суть яких полягає в нагріванні зразків вугілля зі швидкістю (β) 2, 3, 5 і 7 °C/хв і визначенні відповідних температур займання.

На рис. 6 представлені залежності температури займання дослідженого вугілля від швидкості його нагрівання, з яких випливає, що показник температури займання практично повністю залежить від швидкості нагрівання вугілля.

У таблиці 1 представлені значення енергії активації процесу досягнення температури займання і передекспоненціального множника для дослідженого вугілля.

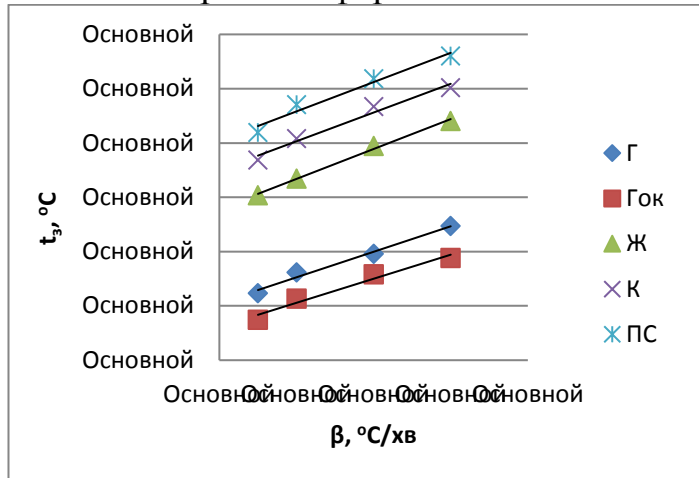


Рис. 6 – Графічна залежність температури займання від швидкості нагріву вугілля

Таблиця 1

Значення енергії активації і передекспоненціального множника для дослідженого вугілля

Постачальник, країна	Марка	Е, кДж/моль	А, с ⁻¹
Нају, Індонезія	Г	149,51	$2,042 \cdot 10^{10}$
Нају, Індонезія (окиснений)	Г	153,64	$8,021 \cdot 10^{10}$
Комсомольська, Україна	Ж	144,13	$1,177 \cdot 10^9$
Riverside, США	К	157,42	$7,940 \cdot 10^9$
Pocahontas, США	ПС	159,95	$7,690 \cdot 10^9$

Оскільки значення констант швидкості залежать від обох параметрів рівняння Ареніуса, на рис. 7 представлені температурні залежності константи швидкості k , розраховані для інтервалу $T=300\text{--}425$ °C, що відповідає мінімальним і максимальним експериментальним значенням t_3 .

Наведені результати свідчать про збільшення константи швидкості займання з:

1. Збільшенням ступеня окиснення вугілля в усьому інтервалі розглянутих температур.

2. Зниженням ступеня метаморфізму дослідженого вугілля.

Для більш чіткого уявлення цього результату на рис. 8 наведені залежності логарифма константи швидкості від показника виходу летких речовин для температури 350 °C.

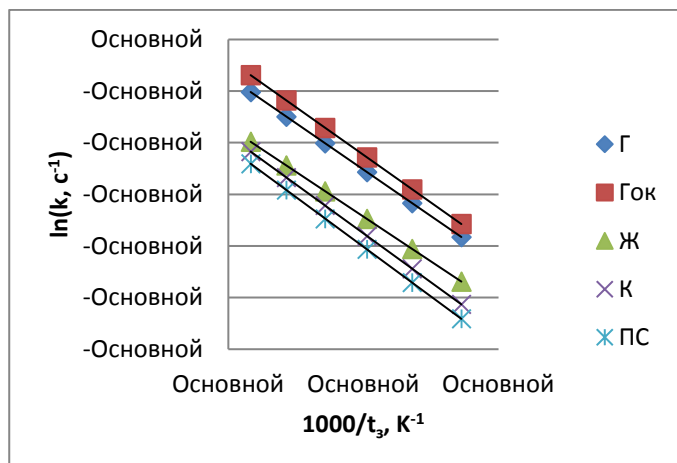


Рис. 7 – Залежність константи швидкості від температури займання

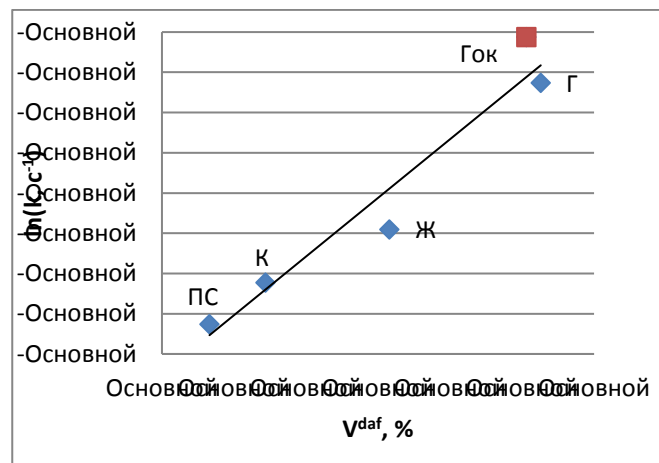


Рис. 8 – Залежність константи швидкості займання при 350 °С від V^{daf}

Аналіз залежності констант швидкості займання від ступеня окиснення зразка свідчить, що, незважаючи на підвищення значення енергії активації, результуюче значення k збільшується зі збільшенням вихідного вмісту кисню. Цей результат є наслідком збільшення в 4 рази значення передекспоненційного множника (табл. 1).

На нашу думку, збільшення ступеня окиснення є передумовою збільшення концентрації вільних радикалів, що виникають в процесі займання. У зв'язку з цим стає зрозумілим домінуючий внесок збільшення передекспоненціального множника в результуюче значення константи швидкості реакції.

У п'ятому розділі виконано дослідження взаємозв'язку складу, будови і технологічних властивостей вугілля України, США, Канади, Австралії, Чехії, Польщі, Індонезії тощо з температурою займання відновленого (неокисненого) вугілля. Графічні залежності та їх математична інтерпретація наведені на рис. 9–12.

Можна зробити висновок, що величина $t_{зв}$, є параметром, що залежить від вмісту вуглецю і ступеня впорядкованості структури органічної маси неокисненого вугілля. Підвищення її абсолютної величини пов'язано зі зростанням у вугіллі вмісту загального (C^{daf}) і ароматичного (C_{ap}) вуглецю, а також з ростом величини показника відбиття вітриніту і зі зниженням виходу летких речовин вугілля.

За отриманими рівняннями (4) і (5) були визначені температури займання марок і груп коксівного вугілля в рамках введеного в Україні ДСТУ 3472:2015 «Вугілля буре, кам'не та антрацит. Класифікація». У табл. 2 наведені розрахункові значення температур займання, а також їх інтервали для марок та груп коксівного вугілля.

На двох коксохімічних підприємствах України відповідно до ДСТУ 4096–2002 був проведений відбір вугільних концентратів, що входять в сировинну базу цих підприємств.

У відібраних вугільних пробах після їх підсушування й подрібнення визначена температура займання ($t_{зв}$), яка потім була порівняна з температурами займання коксівного вугілля різних марок згідно табл. 2. Результати зіставлення наведені в табл. 3.

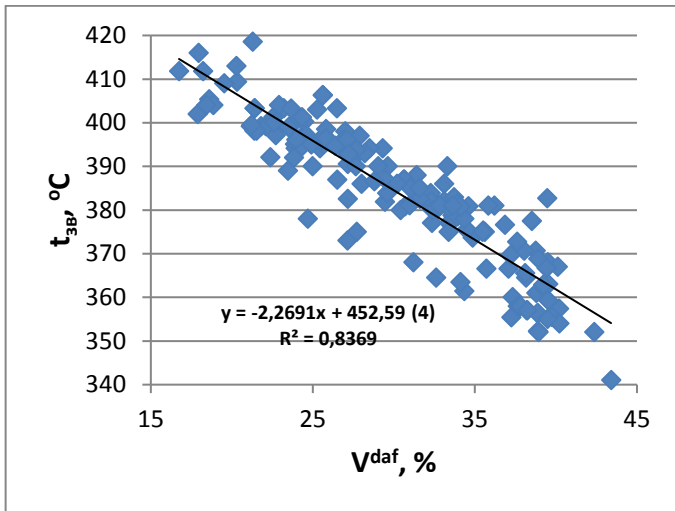
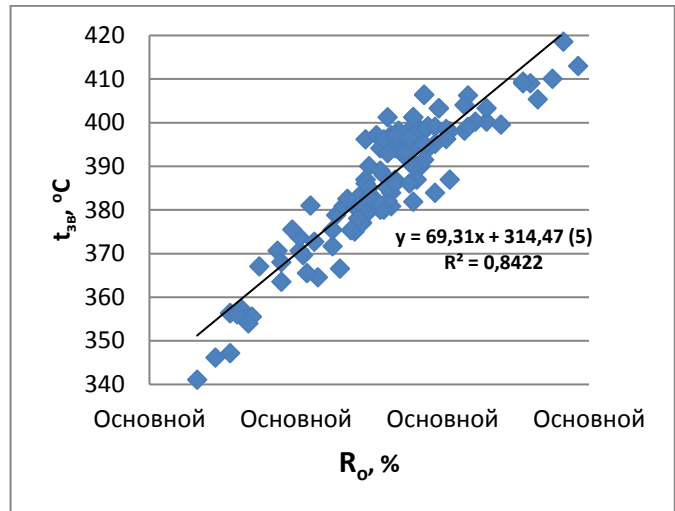
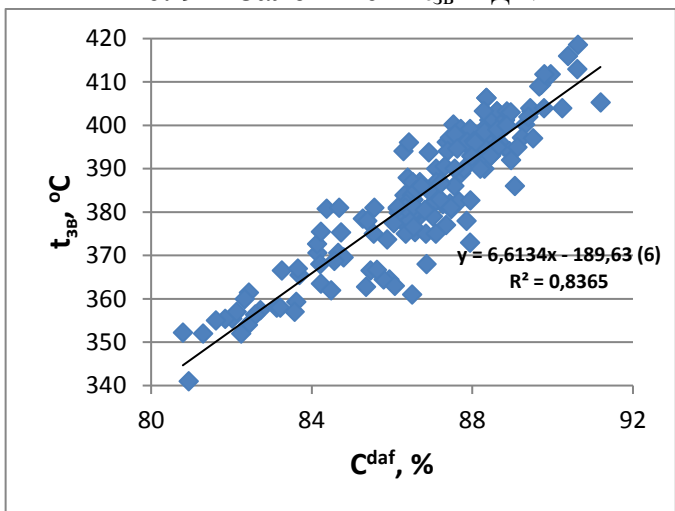
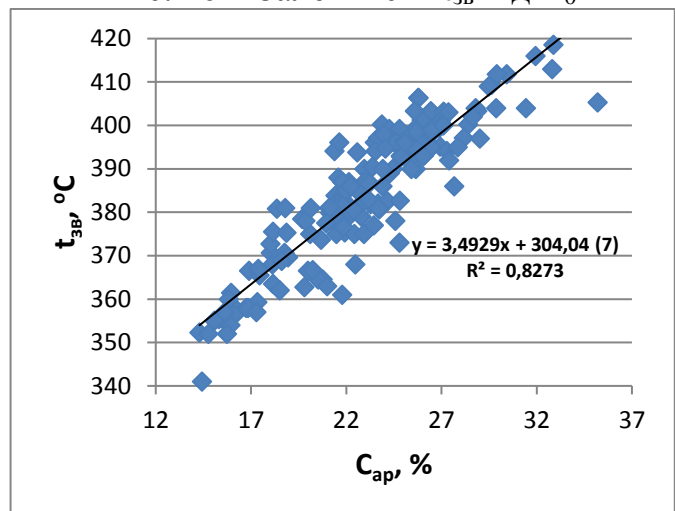
Рис. 9 – Залежність t_{3B} від V^{daf} Рис. 10 – Залежність t_{3B} від R_0 Рис. 11 – Залежність t_{3B} від C^{daf} Рис. 12 – Залежність t_{3B} від C_{ap}

Таблица 2

Значення температур займання марок і груп коксівного вугілля

Марка вугілля	Позначення		Показник відбиття вітриніту, R_o , %	Вихід легких речовин, V^{daf} , %	Температура займання, t_{3B} , °C		
	марка	група			за рівнянням (5)	за рівнянням (4)	об'єднаний інтервал
Газове	Г	Г1	0,60–0,69	38–44	356–362	353–366	353–366
		Г2	0,70–0,79	36–42	363–369	357–371	357–371
Газове жирне піснувате	ГЖП		0,80–0,89	33–39	370–376	364–378	364–378
Газове жирне	ГЖ		0,80–0,89	33–38	370–376	366–378	366–378
Жирне	Ж		0,90–1,19	28–36	377–397	371–389	371–397
Коксівне	К	К1	1,04–1,19	28–30	387–397	385–389	385–397
		К2	1,20–1,49	18–28	398–418	389–412	389–418
Піснувате спікливе	ПС		1,50–1,69	14–22	418–432	403–421	403–432

Таблиця 3

Зіставлення фактичних і табличних значень $t_{зв}$

Постачальник	Марка з посвідчення	Температура займання, $t_{зв}$, °C	
		Табличне значення	Фактичне значення
Коксохімвиробництво №1			
Розріз «Талдинський західний»	Г	353–371	356,9
ЗФ «Тайбінська»	Г	353–371	370,2
ЦЗФ «Щедрухінська»	Г	353–371	357,9
Rocklick	Ж	371–397	375,0
Wellmore	Ж	371–397	380,0
ЗФ «Північна»	К	385–418	395,2
ЦЗФ «Свято-Варваринська»	К	385–418	388,8
Tech Premium	К+КП	385–418	392,7
ЦЗФ «Березовська»	КП	385–418	392,3
Rosahontas	ПС	403–432	387,2
Коксохімвиробництво №2			
ЦЗФ «Щедрухінська»	Г	353–371	366,9
ЗАТ «Талтек»	Г	353–371	359,4
ЦЗФ «Усковська»	ГЖ	366–378	367,5
ТОВ «Промвугіллясервіс»	ГЖП	364–378	365,9
Wellmore	Ж	371–389	380,5
Carter Roag	Ж	371–389	402,9
ЦЗФ «Кузнецька»	Ж	371–389	373,3
ЦЗФ «Свято-Варваринська»	К	385–418	400,1
ЗФ «Північна»	К	385–418	403,6
Tech Premium	К+КП	385–418	398,8
ЗФ «Бачатська»	КП	385–418	396,8
Rosahontas	ПС	403–432	411,6

Для унаочнення вищесказаних тверджень, в табл. 4 наведені деякі показники якості досліджених (досл.) і класичних (клас.) проб вугілля Carter Roag і Rosahontas, які надходять останнім часом на коксохімічні підприємства України.

Виходячи з наведених в табл. 4 даних, можна дійти до висновку, що виконаний нами попередній аналіз повністю підтвердився: досліджені проби вугілля Carter Roag і Rosahontas є нехарактерними представниками цих постачальників і не можуть використовуватися у вугільних шихтах відповідно як марка «Ж» і марка «ПС».

Таблиця 4

Показники якості проб вугілля Carter Roag і Pocahontas

Постачальник	Марка	Проба	V_{daf} , %	у, мм	R_o , %	Рефлектограма вітриніту, %					
						0,50-0,79	0,80-0,99	0,90-1,19	1,20-1,49	1,50-1,69	1,70-2,59
Carter Roag	Ж	Досл.	24,6	17	1,25	1	4	44	22	27	2
		Клас.	32,0–32,4	19–21	0,99–1,02	2–7	5–10	86–90	0	0	0
Pocahontas	ПС	Досл.	26,4	23	1,14	5	18	41	19	16	1
		Клас.	16,6–18,3	12–14	1,51–1,60	0	0	0	22–49	48–76	3–14

Таким чином, використання показника температури займання неокисненого вугілля ($t_{зв}$) дозволяє своєчасно виявити невідповідність фактичної марочної належності вугілля задекларованій марці, провести першочерговий комплекс досліджень властивостей цього вугілля і, з урахуванням отриманих даних, вжити заходів щодо підтримання заданого марочного складу і властивостей вугільної шихти, а також стабілізації якості виробленого доменного коксу.

Економічний ефект від використання температури займання для контролю марочного складу і якості вугільних концентратів буде складатися із запобігання шкоди від позапланової зміни показників якості шихти для коксування, які впливають на вихід і якість валового та доменного коксу.

ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі на підставі виконання теоретичних та експериментальних досліджень вирішено важливе науково-технічне завдання, яке характеризується науковою новизною і має практичну цінність, а саме – розроблено науково-обґрунтовані рекомендації щодо використання показника температури займання у якості експрес-оцінки марочної належності вугілля, що надходить на коксування.

2. Встановлено наявність систематичних відхилень фактичних значень температур займання сумішей від розрахованих за правилом адитивності в бік вугілля з меншою температурою займання. Методами математичної статистики доказано, що ці відхилення носять значущий не випадковий характер. Висловлено припущення, що в сумішах, в першу чергу, займається компонент з меншою температурою займання, а енергія, що виділилася при цьому, витрачається на загоряння більш важкозаймистого компоненту, що призводить до займання суміші в цілому.

3. Запропоновано механізм хімічних реакцій, які відбуваються при визначенні температури займання вугілля. Завдяки використанню відомого рівняння Кіссінджера визначені значення енергії активації і передекспоненціального множника рівняння Ареніуса для займання вугілля різного ступеня метаморфізму і окиснення.

4. Встановлено, що константа швидкості процесу займання збільшується зі збільшенням ступеня окиснення і зниженням ступеня метаморфізму дослідженого

вугілля. Збільшення константи швидкості займання одночасно зі збільшенням енергії активації пояснюється в рамках зростання передекспоненціального множника і його домінуючого вкладу в результуюче значення константи швидкості.

5. Вперше за допомогою математичних методів дослідження доведено наявність тісного зв'язку між температурою займання та класифікаційними показниками якості вугілля – показниками відбиття вітриніту та виходу летких речовин, а також показниками будови органічної маси вугілля – вмісту загального та ароматичного вуглецю та ступенем ненасичення його структури.

6. Визначені температури займання неокисненого (відновленого) коксівного вугілля окремих марок і груп в межах ДСТУ 3472:2015 «Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація».

7. Встановлено, що використання показника температури займання неокисненого вугілля ($t_{зв}$) дозволяє своєчасно виявити невідповідність фактичної марочної належності вугілля задекларованій марці, провести першочерговий комплекс досліджень властивостей цього вугілля і, з урахуванням отриманих даних, вжити заходів щодо підтримання заданого марочного складу і властивостей вугільної шихти, а також стабілізації якості виробленого доменного коксу.

8. Розраховано, що економічний ефект від використання температури займання для контролю марочного складу і якості вугільних концентратів, буде полягати в запобіганні шкоди від позапланової зміни показників якості шихти для коксування, які впливають на вихід і якість валового і доменного коксу.

9. Основні теоретичні положення та результати експериментальних досліджень дисертації використовуються в навчальному процесі на кафедрах металургійного палива та вогнетривів Національної металургійної академії України, технологій переробки нафти, газу і твердого палива НТУ «ХП» та хімічної переробки нафти і газу Національного університету «Львівська політехніка».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

– у вітчизняних фахових виданнях:

1. Карпенко О.О. Концепція удосконалення ресурсозберігаючих технологій і технологічного обладнання для виробництва коксу з заданими властивостями / О.О. Карпенко, О.Я. Лазаренко, Т.В. Лазаренко, Ю.В. Ніколайчук // Энергобережение, энергетика, энергоаудит.–2012.–№7.–С. 71–76.

Автор виконав аналіз ресурсозберігаючих технологій і технологічного обладнання для виробництва коксу з заданими властивостями. Дисертант брав участь у підготовці рукопису статті.

2. Мирошніченко Д.В. Разработка стандартного образца с фиксированной температурой возгорания / Д.В. Мирошніченко, Н.А. Десна, Е.В. Иванова, Ю.В. Николайчук // Углекимический журнал.–2015.–№2.–С. 8–11.

Здобувачем особисто виконано підбір дослідних зразків та математична обробка отриманих результатів. Дисертант брав участь у підготовці рукопису статті.

3. Ніколайчук Ю.В. Спосіб синхронізованого виробництва коксу з заданими властивостями / Ю.В. Ніколайчук, С.Я. Щербін // Научные труды.– 2015.–Выпуск №3 (40).–С. 76–81.

Автор брав участь у розробці способу виробництва коксу з заданими властивостями та у підготовці рукопису статті.

4. Мірошніченко Д.В. Температура займання вугілля. Зв'язок з показниками складу, будови та якості / Д.В. Мірошніченко, В.М. Назаров, Ю.С. Кафтан, Н.А. Десна, Ю.В. Ніколайчук // Углекимический журнал.–2017.–№5.–С. 8–14.

Здобувачем виконані дослідження з визначення температури займання вугілля різного ступеня метаморфізму та петрографічного складу. Автор брав участь у підготовці рукопису статті.

5. Мірошніченко Д.В. Температура займання вугілля. Вугільні суміші. / Д.В. Мірошніченко, І.В. Шульга, Ю.С. Кафтан, Н.А. Десна, Ю.В. Ніколайчук // Углекимический журнал.–2017.–№6.–С. 3–15.

Автор провів експериментальні дослідження щодо визначення температури займання вугільних сумішей різного ступеня метаморфізму та гранулометричного складу. Автор брав участь у підготовці рукопису статті.

6. Ніколайчук Ю.В. Експресні методи визначення якості вугілля / Ю.В. Ніколайчук, Д.В. Мірошніченко, Ю.С. Кафтан, І.В. Мірошніченко // Углекимический журнал.–2018.–№1.–С. 26–35.

Здобувачем особисто виконано критичний аналіз відомих експрес-методів оцінки марочної належності вугілля. Автор брав участь у підготовці рукопису статті.

7. Ніколайчук Ю.В. Температура займання вугілля. Практичне використання та економічна ефективність / Ю.В. Ніколайчук, Д.В. Мірошніченко, І.В. Шульга, Ю.С. Кафтан, Н.А.Десна, Є.І. Котлярів // Углекимический журнал.–2018.–№3–С. 19–29.

Здобувачем запропоновано практичне використання показника температури займання вугілля в якості експрес-оцінки марочної належності вугілля. Автором підготовлено рукопис статті.

8. Мірошніченко Д.В. Вплив швидкості нагріву і ступеня окиснення вугілля на температуру його займання / Д.В. Мірошніченко, В.Ю. Крамаренко, І.В. Шульга, Ю.С. Кафтан, Н.А.Десна, Ю.В. Ніколайчук // Углекимический журнал.–2018.–№4–С. 24–35.

Автором виконані експериментальні дослідження та розраховано кінетичні характеристики впливу швидкості нагріву і ступеня окиснення вугілля на температуру його займання. Автором підготовлено рукопис статті.

– у фахових виданнях, які входять до бази SCOPUS:

9. Miroshnichenko D. V. Ignition temperature of coal. 1. Influence of the coals composition, structure, and properties / D.V. Miroshnichenko, Y.S. Kaftan, N.A. Desna, V.N. Nazarov, Y.V. Nikolaichuk // Coke and Chemistry.–2016.–Vol. 59 (8).–P. 277–282.

Здобувачем використані експериментальні дослідження та розроблені математичні залежності. Автор брав участь у підготовці рукопису статті.

10. Miroshnichenko D.V. Influence of the composition, structure, and properties on the ignition temperature of coal / D.V. Miroshnichenko, Yu.S. Kaftan, N.A. Desna, V.N. Nazarov, I.V. Senkevich, Yu.V. Nikolaichuk // Petroleum and Coal.–2017.–Vol. 59 (6).–P. 925–932.

Здобувач виконав експериментальні дослідження, підготував рукопис статті та зробив її переклад на англійську мову.

11. Miroshnichenko D. V. Ignition temperature of coal. 2. Binary coal mixtures / D. V. Miroshnichenko, I.V. Shulga, Yu.S. Kaftan, N.A. Desna //Coke and Chemistry.–2017.–Vol. 60 (6).–P. 219–225.

Дисертант виконав експериментальні дослідження щодо визначення температури займання двокомпонентних вугільних сумішей, брав участь у підготовці рукопису статті та переклав її на англійську мову.

12. Miroshnichenko D. V. Ignition temperature of coal. 3. Multicomponent coal mixture / D. V. Miroshnichenko, I.V. Shulga, Yu.S. Kaftan, N.A. Desna, Yu.V. Nikolaichuk // Coke and chemistry.–2017.–Vol. 60 (9).–P. 343–347.

Здобувач на підставі проведених експериментів висловив припущення щодо механізму займання вугільної суміші. Автором підготовлено рукопис статті на зроблено її переклад на англійську мову.

13. Miroshnichenko D. V. Preparation of oxidized coal / D.V. Miroshnichenko, N. Saienko, Y. Popov, D. Demidov, Y.V. Nikolaichuk // Petroleum and Coal.–2018.–Vol. 60 (1).–P. 113–119.

Автором дисертації особисто опрацьовано результати дослідження щодо підготовки до коксування вугілля з різною температурою займання. Автор брав участь у підготовці рукопису статті та її переклад на англійську мову.

14. Miroshnichenko D.V. Dependence of the ignition temperature of coals on their properties / D.V. Miroshnichenko, Yu.S. Kaftan, N.A. Desna, V.N. Nazarov, I.V. Senkevich, Yu.V. Nikolaichuk // Chemistry and Chemical Technology.–2018.– Vol. 12 (2).–P. 251–257.

Автором виконані дослідження та підготовлено рукопис статті на англійській мові щодо залежності температури займання вугілля від його властивостей.

15. Miroshnichenko D. V. Ignition temperature of coal. 4. Influence of heating rate and degree of oxidation / D. V. Miroshnichenko, Yu.V. Kramarenko, I.V. Shulga, Yu.S. Kaftan, N.A. Desna, Yu.V. Nikolaichuk // Coke and Chemistry.– 2018.–Vol. 61 (6).–P. 202–208

Дисертант провів дослідження та розрахував кінетичні параметри дослідження температури займання в умовах різної швидкості нагріву вугілля. Автор брав участь у підготовці рукопису статті.

16. Miroshnichenko D. V. Ignition temperature of coal. 5. Practical using / D. V. Miroshnichenko, I.V. Shulga, Yu.S. Kaftan, N.A. Desna, Yu.V. Nikolaichuk, E.I. Kotliarov // Coke and chemistry.–2018.–Vol. 61 (8).–P. 281–286.

Автором запропоновано методика розрахунку економічного ефекту від впровадження оцінки марочної належності вугілля за показником температури його займання. Автор брав участь у підготовці рукопису статті.

– тези доповідей:

17. Лазаренко О.Я. Проблема взаємозв'язку механізму коксування і технологічних факторів / О.Я. Лазаренко, В.Ю. Кононенко, Ю.В. Ніколайчук, В.В. Перейма // Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта 2005» ТОМ 58. Техніка . – Дніпропетровськ: Наука і освіта. 2005.–С. 24–25.

Здобувачем підготовлені тези та зроблено доповідь.

18. Лазаренко О.Я. Перспективи удосконалення ресурсозберігаючих технологій і технологічного обладнання для виробництва коксу з заданими властивостями / О.Я. Лазаренко, О.О. Карпенко, Т.В. Лазаренко, Ю.В. Ніколайчук // VI Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании» 4–11 июня 2010 г., Варна, Болгария. Матеріали в 4-х томах . ТОМ I (Ч. I). Дніпропетровськ-Варна. 2010.–С. 304–308.

Здобувачем підготовлені тези та зроблена доповідь.

19. Лазаренко О.Я. Шляхи вирішення екологічних проблем та ресурсозбереження при виробництві та споживання твердого палива в Україні / О.Я. Лазаренко, Ю.В. Ніколайчук, І.В. Таранов // Матеріали міжвузівської науково-практичної web-конференції «Технологічна освіта: проблеми, інновації, перспективи» 18 березня 2014 р. Лисичанськ–2014.–С. 50–53.

Здобувачем підготовлені тези та зроблена доповідь.

20. Серікова Г.С. Теорія та практика виробництва коксу необхідної якості для ефективного використання в технологічних процесах / Г.С. Серікова, Ю.В. Ніколайчук // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання сучасної науки» (16–17 жовтня 2015 року). Частина 1. Львів.–2015.–С. 21–23.

Здобувачем підготовлені тези та зроблено доповідь.

21. Ніколайчук Юрій Определение температуры возгорания неокисленных углей различных типов / Юрий Николайчук, Олег Бурий // Фундаментальные и прикладные исследования: сборник материалов I-й Международной научно-практической конференции. Баку-Ужгород-Дрогобич: Посвіт.–2016.–372 с. (С. 11–12).

Здобувачем підготовлені тези та зроблено доповідь.

22. Ніколайчук Юрій Температура займання вугілля. Питання адитивності / Юрій Ніколайчук // XI Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості»: матеріали конференції.– Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2018.–500 с. (С. 232–235).

Здобувачем підготовлені тези та зроблено доповідь.

23. Ніколайчук Ю.В. Температура займання вугілля. Вугільні суміші. Питання адитивності. / Ю.В. Ніколайчук // Углекимический журнал.–2018. №2.–С. 21

(Матеріали I Міжнародної заочної науково-технічної конференції з сучасних технологій переробки паливних копалин. 19–20 квітня 2018 року. м. Харків. Україна).

Здобувачем підготовлені тези та зроблено доповідь.

АНОТАЦІЯ

Ніколайчук Ю. В. Розроблення теоретичних основ використання показника температури займання в якості експрес-оцінки марочної належності вугілля.– Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.17.07 «Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів» – Державний вищий навчальний заклад «Донбаський державний педагогічний університет» – Слов'янськ, 2018.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого науково-технічного завдання, а саме – розробленню науково-обґрунтованих рекомендацій щодо використання показника температури займання в якості експрес-оцінки марочної належності вугілля, що надходить на коксування.

Встановлено наявність систематичних відхилень фактичних значень температур займання сумішей від розрахованих за правилом адитивності в бік вугілля з меншою температурою займання. Методами математичної статистики доказано, що ці відхилення носять значущий не випадковий характер. Висловлено припущення, що в сумішах, в першу чергу, займається компонент з меншою температурою займання, а енергія, що виділилася при цьому, витрачається на загоряння більш важкого займистого компонента, що призводить до займання суміші в цілому.

Встановлено, що температура займання вугілля різного ступеня метаморфізму і окиснення практично цілком залежить від швидкості нагрівання. За розробленим математичним рівнянням можна розрахувати температуру займання дослідженого вугілля в діапазоні його нагрівання від 2 до 7 °C/хв.

Ключові слова: вугілля, вугільні суміші, температура займання, кінетичні параметри, показники якості, кількісні залежності.

ABSTRACT

Nikolaichuk Yu. V. Development of the theoretical bases of the use of the parameter of temperature of ignition as an express evaluation of the grade of coal. – Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.17.07 «Chemical technology of fuel and lubricants». – State Higher Educational Institution «Donbas State Pedagogical University» - Slavyansk, 2018.

The dissertation is devoted to the decision of an important scientific and technical task, namely, the development of scientifically substantiated recommendations on the use of the index of ignition temperature as an express evaluation of the vagueness of the coal entering the coking.

The existence of systematic deviations of the actual values of the combustion temperature of mixtures from the additivity-based rule in the direction of coal with a lower ignition temperature has been established. The methods of mathematical statistics prove that these deviations are significant non-random variables. It is assumed that the mixture primarily deals with a component with a lower ignition temperature, and the energy emitted at the same time is spent on burning more difficult flammable component, which leads to ignition of the mixture as a whole.

It is established that the temperature of ignition of coal of various degrees of metamorphism and oxidation practically entirely depends on the heating rate. According to the developed mathematical equation, it is possible to calculate the temperature of ignition of the investigated coal in the range of its heating from 2 to 7 °C / min.

The study of the interconnection of the composition, structure and technological properties of coal of Ukraine, the USA, Canada, Australia, the Czech Republic, Poland, Indonesia, etc. with the temperature of ignition of the recovered (unoxidized) coal. It is established that the temperature of ignition is a technological parameter, which depends on the composition and degree of regulation of the organic mass of unoxidized coal.

The values of ignition temperature of unoxidized (recovered) coking coal of separate marks and groups are calculated within the limits of DSTU 3472:2015.

It is established that the use of the index of ignition temperature of unoxidized coal (t_{zv}) allows to timely reveal the inconsistency of the actual brand affiliation of the coal with the declared brand, to carry out the priority complex of investigations of the properties of this coal and, taking into account the obtained data, to take measures to maintain the specified branded composition and properties of coal charge, and as well as stabilization of the quality of produced blast furnace coke.

It is estimated that the economic effect of using the ignition temperature to control the branded composition and quality of coal concentrates will be to prevent damage from unplanned changes in the quality parameters of the coking charge that affect the yield and quality of gross and blast furnace coke.

Key words: coal, coal mixtures, ignition temperature, kinetic parameters, quality indices, quantitative dependencies.