

**ВИКОРИСТАННЯ АПРІОРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ОБРОБЦІ СИГНАЛІВ В МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ РЛС**

В роботі розглянуто методи урахування висотно-часової кореляції параметрів атмосфери для зниження похибок вимірів швидкості вітру радіолокаційними системами вертикального зондування атмосфери. Зниження похибок проілюстровано результатами імітаційного моделювання. При цьому використані дані натурних експериментів, які проведені на радіолокаційних станціях вертикального зондування.

**Ключові слова:** радіолокаційне зондування атмосфери, цифрова обробка радіолокаційних сигналів, використання апріорної інформації.

*Литвин-Попович Андрій Ігорович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра радіоелектронних систем,*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, e-mail: andrey\_res@ukr.net.*

*Щекін Сергій Радиславович, радиотехнічний факультет, Харьковський національний університет радіоелектроніки, Украина, e-mail: sergey\_shchekin@ukr.net.*

*Литвин-Попович Андрій Ігорович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра радіоелектронних систем, Харьковський національний університет радіоелектроніки, Украина.*

*Щекін Сергій Радиславович, радиотехнічний факультет, Харьковський національний університет радіоелектроніки, Украина.*

*Lytvyn-Popovych Andrew, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: andrey\_res@ukr.net.*

*Shchekin Sergey, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: sergey\_shchekin@ukr.net*

УДК 66.096.5

**Логвин В. О.,  
Безносик Ю. О.,  
Корінчук К. О.,  
Кіржнер Д. А.**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ РОЗПАЛЮВАННЯ НИЗЬКОЯКІСНОГО ВУГІЛЛЯ У НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ КИПЛЯЧОМУ ШАРІ**

Розглянуті способи розпалення низькоякісного вугілля у топці з низькотемпературним киплячим шаром. Приведені результати експериментальних досліджень розпалення на лабораторній установці. Виявлені залежності підвищення температури з часом, на базі яких визначені співвідношення палива та повітря для підтримання діапазону робочих температур розпалювання. Отримані результати лягли в основу створення технології стійкого і безпечного розпалювання точки.

**Ключові слова:** низькотемпературний киплячий шар (НТКШ), розпалювання, псевдозріджений шар, вугілля марки Д, антрацитовий штаб (АШ).

### **1. Вступ**

Підвищення ціни на природний газ стимулює розвиток у галузі житлово-комунальних і промислових підприємств України, до переходу на місцеві більш дешеві низькоякісні палива на базі використання енергоефективних технологій. Так, у Загальнодержавній програмі реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2009–2014 роки, затвердженою Законом України N 1869-IV від 24 червня 2004 року, передбачено впровадження проєктів з переведення підприємств житлово-комунального господарства на місцеві види палива [1]. Одним із таких напрямків, може бути технологія спалювання твердого палива у киплячому шарі (КШ). Впровадження технології спалювання твердого палива в КШ може забезпечувати використання низькоякісного палива (бурого вугілля, сланців, торфу, вугільних відходів та іншого) і є економічно доцільним, так як дозволяє знизити собівартість виробництва енергії, та екологічно чистим у порівнянні з традиційними способами спалювання [2]. Однак, впровадження технології спалення твердого палива у КШ потребує додаткових досліджень, зокрема досліджень щодо способів розпалювання при різних режимах псевдозрідження, а та-

кож вироблення рекомендацій щодо технологій розпалу низькоякісних палив у топках НТКШ [3].

### **2. Технологічна база для проведення досліджень з розпалу низькоякісного вугілля у НТКШ**

Для дослідження процесів розпалювання низькоякісного вугілля у НТКШ використовувалась вогнева лабораторна установка для спалення палива у КШ, схема якої приведена на рис. 1.

Технологія роботи вогневої установки полягає в наступному: дуттьове повітря за допомогою дуттьового вентилятора (1) подається у камеру змішування (3), змішується з пропан-бутановою сумішшю (у випадку розпалювання за рахунок пропан-бутану), яка подається з газового балону (8), проходить через повітророзподільну решітку (4), діаметром отворів 1 мм, та зріджує тверде паливо, що знаходиться у камері згоряння — кварцовій камері (5) з  $d = 59$  мм. Димові гази через вентиляційний зонт (6) виводяться витяжним вентилятором (7).

Регулювання витрати повітря здійснюється за рахунок зміни обертів дуттьового вентилятора за допомогою

регулятора потужності (2). Витрата газу вимірюється лічильником газу (9) Для вимірювання витрати повітря використовується ротаметр РМ-25Г (10). Мановакууметром двотрубним U-образним (11) вимірюється тиск перед повітророзподільчою решіткою. Температура вимірюється за допомогою термопар (13), встановлених у камері згоряння. Для вимірювання висоти киплячого шару використовується лінійка (12).

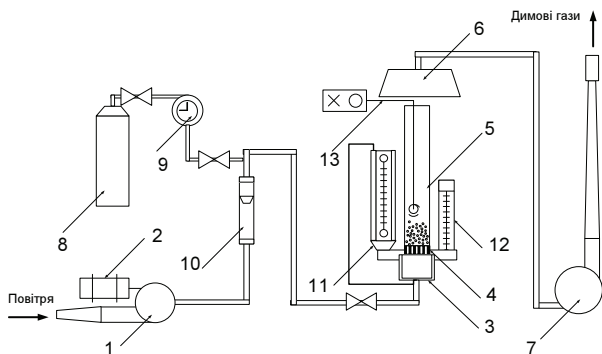


Рис. 1. Схема лабораторної установки.

1 — дуттьовий вентилятор; 2 — регулятор потужності дуттьового вентилятора; 3 — камера змішування; 4 — повітророзподільна решітка; 5 — камера згоряння (кварцова трубка); 6 — вентиляційний зонт; 7 — димосос; 8 — газовий балон (пропан-бутан); 9 — лічильник для вимірювання витрати газу; 10 — ротаметр для вимірювання витрати дуттьового повітря; 11 — мановакууметр двотрубний U-образний для вимірювання тиску повітря (газової суміші) на вході у повітророзподільну решітку; 12 — лінійка для вимірювання висоти киплячого шару; 13 — термопара для вимірювання температури у камері згоряння

### 3. Відомі способи розпалювання твердого низькоякісного вугілля у НТКШ

Найбільш широко застосований спосіб розпалення твердого палива у НТКШ-розпал за допомогою газового або мазутного пальника [4, 5, 9,10].

До початку подачі вугілля, топка з НТКШ, що наповнена інертним матеріалом, розігрівається газовим чи мазутним пальником, до температури 800 К (температура розпалювання вугілля), після чого відбувається живлення топки вугіллям, при цьому починають горіти летючі речовини над шаром. Вугілля подається з малою витратою для виключення можливості коксування частинок вугілля у шарі. Відбувається підвищення температури шару та відповідно швидкості спалювання частинок вугілля. Пальник не виключається доки температура шару не перевищить 1000 К. Після чого збільшується подача вугілля у топку до робочого рівня.

Відомо, що існують дві системи розігріву шару за допомогою пальника: верхній розігрів та розігрів гарячим газом [6]. Система верхнього розігріву шару, що складається з пальника, закріпленого у боковій стінці топки, відносно проста та дешева, але має суттєвий недолік — теплопередача до шару недостатньо ефективна. Теплопередача може бути підвищена шляхом додавання газу до повітря, яке подається для горіння в КШ. Газ спочатку згоряє над шаром, а при температурі вищій 923 К забезпечує підвищення розігріву в киплячому шарі.

Також відомий спосіб нагрівання інертного матеріалу двома потоками теплоносія за рахунок газових пальників. Перший потік подають знизу, а другий на рівень КШ разом з першим, забезпечуючи інтенсифіка-

цію передачі теплоти до киплячих частинок матеріалу та екрануючи шар від топкового простору [7].

Крім того, відповідно до розробленої в Інституті газу НАН УРСР технології [8], для розпалення КШ може використовуватись незпикаюче низькорекційне вугілля, що утворює верхню частину шару. Цей шар перед спалюванням нагрівають до температури його запалення теплом продуктів неповного згорання дров при підтримці витрати повітря, на рівні коефіцієнту надлишку повітря  $A = 1,05 \dots 1,2$ . При підвищенні температури до 1050–1150 К збільшують швидкість повітря до 3 м/с для утворення киплячого шару й подають робоче паливо. При такому способі розпалювання відпадає необхідність у використанні рідкого або газоподібного палива для розпалювання.

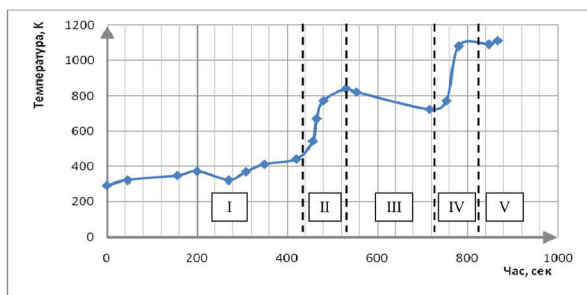
Разом з тим у літературі, не доступні конкретні рекомендації щодо розпалювання топок КШ при їх роботі на низькоякісному вугіллі. Недостатньо досліджені масові співвідношення інертного матеріалу та низькоякісного вугілля. Існує брак конкретних рекомендацій щодо технології розпалювання антрацитового штибу у низькотемпературному киплячому шарі.

### 4. Розпалювання НТКШ на лабораторному стенді за допомогою пропан-бутанової суміші

Зазвичай, умови розпалювання визначаються температурою займання вугілля, яка залежить від вмісту летючих у вугіллі, розміру частинок, зольності, петрографічних властивостей.

Розпалювання НТКШ на лабораторному стенді шляхом підігріву шару газом пропан-бутановою сумішшю було проведено наступним чином: у кварцову камеру заправився інертний матеріал масою 200 г та вугілля марки Д масою 22 г (співвідношення були визначені у ході досліджень). За інертний матеріал, що може бути застосований в киплячому шарі в результаті проведених досліджень, було обрано шамот фракцією від 1 до 2 мм. Спочатку включають пальник, котрий ініціює процес горіння суміші пропан-бутану та повітря, яка подається через повітророзподільну решітку зі швидкістю 0,25 м/с, необхідної для запалення суміші пропан-бутану та повітря. Поступово швидкість суміші пропан-бутану та повітря збільшено від 0,25 до 1,69 м/с, що є швидкістю початку псевдозрідження для даного шару при температурі 300 К. Продукти горіння суміші пропан-бутану та повітря нагрівали шар палива та інертного матеріалу. При нагріванні шару, починаючи з 500 К, виникає виділення летючих речовин (водень, метан, важкі вуглеводні, окис вуглецю, небагато двоокису вуглецю й деякі інші гази). В ході експериментів, спостерігалось зростання температури від 500 до 900 К (рис. 2). При температурі 900 К проводилося зменшення швидкості суміші пропан-бутану та повітря до 0,86 м/с. Зменшення швидкості подачі повітря було обумовлене специфічною властивістю киплячого шару — впливом температури шару на швидкість повітря. Оскільки густина повітря зменшується з підвищенням температури, дійсна швидкість при постійній масовій витраті повітря з підвищенням температури шару збільшується. При температурі 900 К спостерігалось горіння летючих, та зниження температури від 900 до 700 К, що обумовлене тим, що швидкість горіння летючих речовин

на порядок більше, ніж швидкість горіння на поверхні частинок вугілля. Було проведено поступове зменшення швидкості суміші пропан-бутану та повітря до 0,4 м/с, відбувалось поверхове горіння вугілля та спостерігався ріст температури до 1200 К. При досягнанні даної температури проводилось відключення подачі пропан-бутанової суміші та виведення лабораторної установки на режимні параметри при порційній подачі палива: одна порція вугілля марки Д складала 11 г, що становить 5 % від загальної маси інертного матеріалу.



**Рис. 2.** Залежність температури від часу при розпалюванні вугілля марки Д газом за допомогою пропан-бутанової суміші:

I — підвищення температури внаслідок нагрівання шару продуктами згорання пропан-бутанової суміші при поступовому підвищенні швидкості подачі суміші пропан-бутану та повітря від 0,25 до 1,69 м/с; II — підвищення температури внаслідок виділення летючих та їх горіння над шаром при швидкості подачі суміші пропан-бутану та повітря 1,69 м/с; III — зменшення температури внаслідок закінчення горіння летючих та зменшення швидкості подачі суміші пропан-бутану та повітря від 1,69 м/с до 0,86 м/с; IV — підвищення температури внаслідок поверхневого горіння частинок вугілля та зменшення швидкості подачі суміші пропан-бутану та повітря від 0,86 м/с до 0,4 м/с; V — відключення подачі пропан-бутанової суміші та вихід на режимні параметри

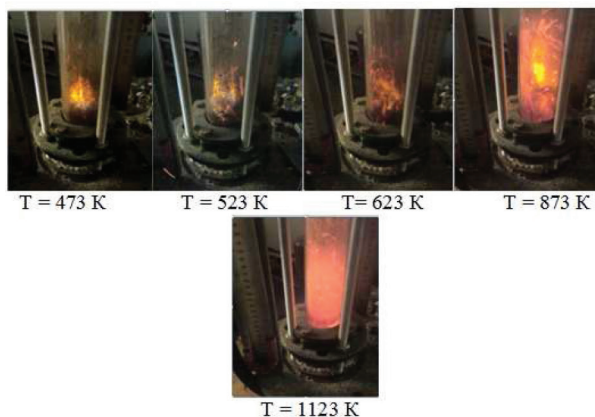
У ході досліджень було встановлено, що найбільш надійне розпалювання вугілля марки Д у НТКШ за допомогою бутан-пропанової суміші здійснюється при розмірі частинок інертного матеріалу 1–2 мм, частинок вугілля 0–5 мм, швидкості подачі суміші пропан-бутану та повітря від 0,25 до 1,69 м/с. Визначено, що при розпалюванні вугілля марки Д у НТКШ відключення подачі пропан-бутанової суміші можливо при досягнанні температури 1223 К.

### 5. Розпалювання НТКШ на лабораторному стенді за допомогою деревного твердого палива

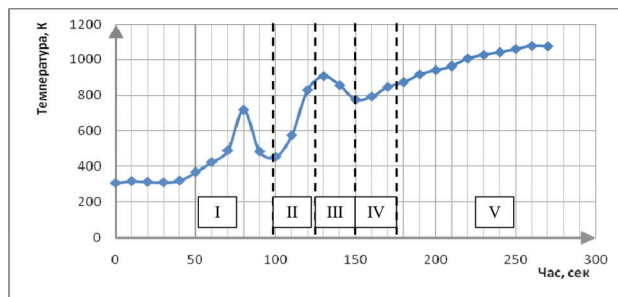
Розпалювання вугілля марки Д у НТКШ на лабораторному стенді було проведено спалюванням деревного вугілля на суміші інертного матеріалу та палива наступним чином: у кварцову камеру засипався інертний матеріал масою 166 г та вугілля марки Д масою 34 г (співвідношення вагових складових були визначені у ході досліджень). Поверх паливно-інертного шару засипалося поліфракційне деревне вугілля, з розміром фракцій до 10 мм, попередньо змочене соляркою та запалене, і через повітрярозподільчу решітку подавалось повітря зі швидкістю 0,05 м/с, меншою за швидкість початку псевдозрідження (швидкість початку псевдозрідження для даного шару при температурі 293 К складає 1,12 м/с), що необхідне для того, щоб шар деревного вугілля не змішувався з нерухомим шаром інертного матеріалу та палива, але достатньою для горіння деревного вугілля (на рівні коефіцієнту надлишку повітря  $A = 1,05$ ). При цьому відбувалось горіння верхнього

шару та поступове підвищення температури від 300 до 700 К. При температурі 700 К з метою зрідження шару, було збільшено швидкість подачі повітря до 0,71 м/с, внаслідок чого забезпечувалось змішування верхньої та основної частини паливно-інертної суміші та відповідне зниження температури (рис. 4). Поступово відбувалось займання основної частини вугілля в шарі та підвищення температури в цьому шарі до 900 К та відповідний вихід летючих та їх горіння, внаслідок чого температура шару знижувалась до 800 К (ефект різниці швидкостей горіння летючих та частинок вугілля в шарі). Проводилось зменшення швидкості подачі повітря до 0,4 м/с (ефект впливу температури шару на швидкість повітря), при цьому спостерігалось поступове підвищення температури внаслідок горіння вугілля та вихід на режимні параметри при стабільному горінні вугілля в шарі.

Поетапний процес розпалювання вугілля марки Д на лабораторному стенді з підвищенням температури від 473 до 1123 К наведений на рис. 3.



**Рис. 3.** Поетапний процес розпалювання вугілля марки Д на лабораторному стенді



**Рис. 4.** Залежність температури від часу при розпалюванні вугілля марки Д за допомогою деревного вугілля:

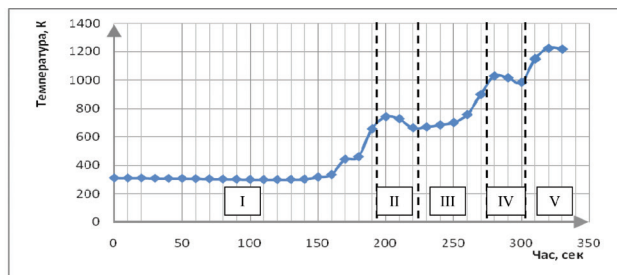
I — підвищення температури внаслідок нагрівання верхньої частини шару продуктами згорання шару деревного вугілля при швидкості подачі повітря 0,05 м/с; II — зменшення температури внаслідок зрідження шару при підвищенні швидкості подачі повітря від 0,05 до 0,71 м/с; III — підвищення температури внаслідок виділення летючих та їх горіння над шаром при швидкості подачі повітря 0,71 м/с; IV — зменшення температури внаслідок закінчення горіння летючих та зменшення швидкості подачі повітря від 0,71 м/с до 0,4 м/с; V — підвищення температури внаслідок поверхневого горіння частинок вугілля при швидкості повітря 0,4 м/с

На лабораторному стенді були проведені дослідження з розпалювання антрацитового штибу (АШ) у НТКШ деревним вугіллям з додаванням вугілля марки Д. Труднощі розпалювання топок, що працюють на антрациті, обумовлені високою температурою займання антрациту



від 1073 К, що спричинено слабким розвитком пористої структури і малим виходом летючих речовин (до 5 %). Тому для розпалу шару в його об'єм в якості паливної складової домішувалося вугілля Д у різних вагових пропорціях.

Залежність підвищення температури з часом при розпалюванні антрацитового штибу за допомогою деревного вугілля та вугілля марки Д на лабораторному стенді наведено на рис. 5.



**Рис. 5.** Залежність температури від часу при розпалюванні антрацитового штибу за допомогою деревного вугілля та вугілля марки Д у НТКШ:

I — підвищення температури внаслідок нагрівання верхньої частини шару продуктами згоряння шару деревного вугілля при швидкості подачі повітря 0,05 м/с; II — зменшення температури внаслідок зрідження шару при підвищенні швидкості подачі повітря від 0,05 до 0,65 м/с; III — підвищення температури внаслідок виділення летючих вугілля марки Д та їх горіння над шаром при швидкості подачі повітря 0,65 м/с; IV — зменшення температури внаслідок згоряння летючих вугілля марки Д та зменшення швидкості подачі повітря від 0,65 м/с до 0,4 м/с; V — підвищення температури внаслідок поверхневого горіння частинок вугілля марки Д та займання антрацитового штибу при швидкості повітря 0,4 м/с

У результаті досліджень було визначено, що для розпалювання АШ у НТКШ доцільно використовувати деревне вугілля, яке складало 15 % від маси інертного матеріалу, та вугілля марки Д, яке складало 19 % від маси інертного матеріалу. Найбільш надійне розпалювання вугіллі марки Д у НТКШ за допомогою деревного вугілля здійснюється при швидкості повітря від 0,05 до 0,71 м/с, розпалювання АШ у НТКШ за допомогою деревного вугілля здійснюється при швидкості повітря від 0,05 до 0,65 м/с. Отримані дані будуть використані для ідентифікації математичної моделі процесу розпалювання та горіння твердого палива у НТКШ, а також зниження шкідливих викидів [11–13].

## 6. Висновки

При проведенні експериментальних досліджень при розпаленні інертно-паливної суміші на вогневій лабораторній установці (при різних режимах спалювання) встановлено, що найбільш надійне розпалювання НТКШ здійснюється на вугіллі марки Д при розмірі частинок інертного матеріалу 1–2 мм, частинок вугілля 0–5 мм. Визначено, що для забезпечення псевдозрідження і розпалювання НТКШ деревним вугіллям необхідно використовувати суміш інертного матеріалу (шамот) фракції 1–2 мм і високо реакційного вугілля у співвідношенні відповідно 10 : 2. Отримані результати були використані для створення технології розпалу вогневої моделі топki з НТКШ водогрійного котла. Виявлені залежності підвищення температури з часом при розпалюванні вугілля у низькотемпературному киплячому шарі, на базі яких визначені співвідношення палива та повітря для підтримання діапазону робочих температур розпалювання.

Також, дані результати можливо використовувати при використанні технології спалювання низькоякісного вугілля у КШ з метою підвищення ефективності процесу розпалювання.

## Література

1. Постанова Кабінету міністрів України № 1216 «Про затвердження Державної цільової економічної програми модернізації комунальної теплоенергетики на 2010–2014 роки».
2. Пузырев, Е. Н. Исследование топочных процессов и разработка котлов для низкотемпературного сжигания горючих отходов и местных топлив [Текст] : дис. доктора технич. наук / Е. Н. Пузырев. — Барнаул, АлтГТУ, 2003. — 332 с.
3. Кучин, Г. П. Сжигание низкосортных топлив в псевдоожоженном слое [Текст] / Г. П. Кучин, В. Я. Скрипко, Н. Н. Урда. — Техника, 1987. — 144 с.
4. Howe, W. C. Control variables in fluidized bed steam generation [Text] / W. C. Howe, C. Aulisio, E. Pope, A. Robbins // J. Chemical Engineering Prog. — 1977. — Pp. 69–73.
5. Highley, J. Development of Fluidized-Bed Combustion for Industry [Text] / J. Highley // 1st International Symposium of Fluid Combustion and Applied Technology. — McGraw-Hill: New York, 1984. — Pp. I/21–I/61.
6. Радованович, М. Сжигание топлива в псевдоожоженном слое [Текст] / М. Радованович; пер. с англ. под ред. Э. Э. Шпильрайна. — М. : Энергоатомиздат, 1990. — 246 с.
7. А. с. № 1474380 СССР, МПК F23 C11/02. Способ розжига топki с кипящим слоем [Текст] / Кучин Г. П., Скрипко В. Я., Пикошво В. С. (СССР). 4190497/24-06; заявл. 15.12.87, опубл. 23.04.89. Бюл. № 15. — 2 с.
8. А. с. № 1490381 СССР, МПК F23 C11/02. Способ розжига топki с кипящим слоем [Текст] / Ильенко Б. К., Мордосок В. З., Рябчук В. С. (СССР). 4229556/24-06, заявл. 23.03.87, опубл. 30.03.89. Бюл. № 24. — 2 с.
9. Бородуля, В. А. Сжигание твердого топлива в псевдоожоженном слое. [Текст] / В. А. Бородуля, Л. М. Виноградов. — Минск: Наука и техника, 1980. — 190 с.
10. Расчеты аппаратов кипящего слоя [Текст] : справочник / под ред. И. П. Мухленова, Б. С. Сажина, В. Ф. Фролова. — Л. : Химия, 1986. — 352 с.
11. Тодос, О. М. Аппараты с кипящим зернистым слоем: Гидравлические и тепловые основы работы [Текст] / О. М. Тодос, О. Б. Титович. — Л. : Химия, 1981. — 296 с.
12. Bugaeva, L. N. An application of expert system to choice, simulation and development of gases purification processes [Text] / L. N. Bugaeva, Yu. A. Beznosik, G. A. Statjukha, A. A. Kvitka // J. Computers Chem. Engng. — 1996. — Vol. 20, Suppl. — Pp 401–402.
13. Beznosik, Y. An intelligent system for designing waste gas purification processes from nitrogen oxides [Text] / Y. Beznosik, L. Bugaeva, E. Kenig, A. Gorak, A. Kraslawski, I. Astrelin // 2-nd Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction (Proceedings of PRESS'99), Hungarian Chemical Society. — May 31-June 2, 1999, Budapest, Hungary, 1999. — Pp. 169–174.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РОЗЖИГА НИЗКОКАЧЕСТВЕННОГО УГЛЯ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ

Рассмотрены способы разжигания низкокачественного угля в топке с низкотемпературным кипящим слоем. Приведены результаты экспериментальных исследований разжигания на лабораторной установке. Выявлены зависимости повышения температуры со временем, на базе которых определены соотношение топлива и воздуха для поддержания диапазона рабочих температур розжига. Полученные результаты легли в основу создания технологии устойчивого и безопасного розжига топki.

**Ключевые слова:** низкотемпературный кипящий слой (НТКС), псевдоожоженный слой, уголь марки (Д), антрацитовый штыб (АШ).

*Логвин Валерій Олександрович, аспірант, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: logvyn\_valeriy@mail.ru.*

**Безносик Юрій Олександрович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: [yu\\_beznosyk@ukr.net](mailto:yu_beznosyk@ukr.net).  
**Корінчук Катерина Олексіївна**, аспірант, відділ теплофізичних процесів в котлах, Інститут технічної теплофізики НАНУ, Україна, e-mail: [engecology@gmail.com](mailto:engecology@gmail.com).  
**Кіржнер Дмитро Авраамович**, інженер, відділ теплофізичних процесів в котлах, Інститут технічної теплофізики НАНУ, Україна, e-mail: [dimavto@nbi.com.ua](mailto:dimavto@nbi.com.ua).

**Логвин Валерій Александрович**, аспірант, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

**Безносик Юрій Александрович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів,

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна.

**Корінчук Катерина Алексеевна**, аспірант, відділ теплофізичних процесів в котлах, Інститут технічної теплофізики НАНУ, Україна.

**Кіржнер Дмитрій Авраамович**, інженер, відділ теплофізичних процесів в котлах, Інститут технічної теплофізики НАНУ, Україна.

**Logvyn Valeriy**, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: [logvyn\\_valerii@mail.ru](mailto:logvyn_valerii@mail.ru).

**Beznosyk Yuriy**, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: [yu\\_beznosyk@ukr.net](mailto:yu_beznosyk@ukr.net).

**Kotinchuk Kateryna**, Institute of Engineering Thermophysics NASU, e-mail: [engecology@gmail.com](mailto:engecology@gmail.com).

**Kirzhner Dmytro**, Institute of Engineering Thermophysics NASU, Ukraine, e-mail: [dimavto@nbi.com.ua](mailto:dimavto@nbi.com.ua)

УДК 004.416.6:004.031.4

Лященко А. О.

## ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ДЕДУПЛІКАЦІЇ ДАНИХ

У статті розглядаються особливості використання систем дедуплікації даних на конкретному прикладі. Використана файлова система ZFS, що має вбудовані механізми дедуплікації, стискування та кризну перевірку цілісності даних. Реалізація системи керування контентом виконана за допомогою системи *ownCloud*.

**Ключові слова:** система дедуплікації, зберігання повторюваних даних.

### 1. Вступ

Проблема зберігання великих обсягів даних на сьогодні стає все актуальнішою. У зв'язку з технічним прогресом та бурхливим розвитком інформаційної галузі збільшуються об'єми інформаційних масивів, підтримка та обслуговування ЦОД для їх збереження вимагає чималих витрат. Водночас з цим збільшуються об'єми даних що повторюються (дублюються) і вилучення таких надлишкових даних може суттєво зменшити витрати на обслуговування.

### 2. Постановка задачі

Існують кілька типів дедуплікації даних, це бітова, файлова та блочна дедуплікації. Робота будь-якого алгоритму дедуплікації зводиться до пошуку унікальних та повторюваних наборів даних, де другі замінюються посиланнями на перші. Інакше кажучи алгоритм намагається зберігати тільки унікальні дані, замінюючи повторювані дані посиланнями на унікальні. Таким чином досягається вилучення збитковості даних.

Раніше найбільш розповсюдженою була файлова дедуплікація [1]. Назву даного типу дедуплікації обумовив рівень її роботи — усі операції виконуються на рівні файлів. Якщо пригадати історію продуктів компанії Microsoft, то даний підхід раніше неодноразово використовувався у Microsoft Exchange Server та Microsoft System Center Data Protection Manager, цей механізм мав назву S.I.S. (Single Instance Storage) [1]. В продуктах сімейства Exchange від нього відмовились із міркувань швидкодії, але у Data Protection Manager

його продовжують використовувати [2]. Оскільки файловий рівень найвищий у системах збереження даних, то ефект застосування файлової дедуплікації є мінімальний у порівнянні з іншими типами дедуплікації. Область застосування файлової дедуплікації в основному зводиться до зберігання архівних даних та організації корпоративних файлових сховищ.

Блочна дедуплікація має більш досконалий механізм, який працює на субфайловому рівні, а саме — на рівні блокових даних. Цей тип дедуплікації, як правило притаманний для промислових систем зберігання даних, також саме він застосовується у Windows Server 2012 [3]. Механізми блочної дедуплікації схожі на механізми файлової дедуплікації, але працюють вони на рівні блоків. Сфера застосування блочної дедуплікації більш широка і розповсюджується не тільки на архівні дані, але і на віртуалізовані середовища, що досить логічно особливо для VDI (Virtual Desktop Infrastructure). Якщо брати до уваги, що VDI — це набір повторюваних образів віртуальних машин, в яких є відмінності, то файлова дедуплікація для цих систем не ефективна, а блочна — цілком ефективно працює з цим типом даних.

Бітова дедуплікація — найглибший тип дедуплікації даних. Вона наділена найвищим ступенем ефективності, але при цьому потребує найбільше ресурсів. Використання систем бітової дедуплікації є економічно невигідним. За цих обставин на сьогоднішній день системи бітової дедуплікації мають лише теоретичні реалізації і не використовуються на практиці.

У даній статті розглядається блочна дедуплікація, яка на даний момент є найбільш ефективною.