

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



КАПУСТЯНСЬКИЙ АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 662.6/.9

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК ПРИ СПАЛЮВАННІ НЕПРОЕКТНИХ
ВИДІВ ПАЛИВА**

05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі теоретичної і промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
ВАРЛАМОВ ГЕННАДІЙ БОРИСОВИЧ
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
завідувач кафедри теоретичної і промислової
теплотехніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
ВОЛЬЧИН ІГОР АЛЬБІНОВИЧ
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України,
заступник директора з наукової роботи

кандидат технічних наук, доцент
КРАВЕЦЬ ТАРАС ЮРІЙОВИЧ
Національний університет «Львівська політехніка»,
заступник завідувача кафедри теплоенергетики,
теплових та атомних електричних станцій

Захист відбудеться 22 січня 2019 року о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.09 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, пр. Перемоги, 37, корпус 5, ауд. 307.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ, просп. Перемоги 37.

Автореферат розісланий « 4 » грудня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.002.09



В.І. Коньшин

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На тлі неухильного зменшення запасів паливно-енергетичних ресурсів підвищення ефективності їх використання є головним завданням науки та виробництва. Серед інших країн Європи енергетична галузь нашої країни відрізняється низькою енерго-екологічною ефективністю. Україна перебуває в умовах дефіциту власних первинних енергоресурсів і значної залежності їх постачання із закордону. Саме тому заходи щодо їх раціонального використання, насамперед природного газу та вугілля, повинні розглядатися як основний елемент забезпечення національної безпеки і стабільного розвитку як паливно-енергетичного комплексу зокрема так і економіки в цілому.

Значною мірою така стабільність залежить від ощадливого використання паливно-енергетичних ресурсів на теплових електростанціях (ТЕС) і теплових електроцентралях (ТЕЦ), тобто від впровадження заходів, спрямованих на підвищення енерго-екологічної ефективності спалювання вугілля у котлах.

Наявність значних потужностей вугільних електростанцій та їх перехід на спалювання непроектного твердого палива (НТП) спонукає до розроблення нових методик розрахунків і способів його спалювання в існуючих котлах.

Проте втілення таких заходів значно ускладнюється зниженням якості вугілля вітчизняних родовищ та зміною його виду, особливо після втрати контролю над значною частиною вугледобувних та теплогенеруючих підприємств на сході України, що створює суттєво нові умови експлуатації енергетичних котлів.

Таким чином, експериментальні та теоретичні дослідження спалювання НТП в нестандартних умовах, з розробленням науково обґрунтованих заходів його ефективного використання є актуальним науково-практичним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана за тематикою кафедри теоретичної і промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Дослідження, результати яких представлені в дисертації, проводились у рамках реалізації плану заходів Енергетичної стратегії України на період до 2030 та за планами робіт ПрАТ «Техенерго», враховуючи координаційні плани галузі, рішення науково-технічних конференцій, семінарів, нарад з проблем енергозбереження.

Мета та задачі дослідження. Метою досліджень є визначення впливу виду та якості вугільного палива на енерго-екологічну ефективність роботи енергетичних котлів, розроблення способів забезпечення їх оптимальної роботи, обґрунтування можливості практичного спалювання в топках існуючих котлів непроектного вугілля та вугільних сумішей з дотриманням технологічних вимог.

Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі:

- аналіз сучасного технічного стану, проблем та перспектив розвитку теплових електростанцій;
- аналіз змін в структурі споживання палива, що поступає на електростанції та характер впливу його якості на умови і режими експлуатації обладнання;
- проведення аналізу існуючих методів підготовки і спалювання вугілля непроектного складу та пошук шляхів вирішення основних супутніх проблем;

- розроблення методики розрахунку втрат при роботі котлів, спричинених відхиленням якісних характеристик вугільного палива від проектного значення;
- проведення аналітичних і практичних досліджень впливу характеристик палива та режимних факторів на утворення механічного недопалу в котлах;
- експериментальне визначення зміни теплових втрат, викидів шкідливих речовин у відхідних газах, витікання рідкого шлаку, надлишків повітря, рівня температурного поля в топці і ККД котельних установок при спалюванні НТП;
- розробка експериментально-розрахункової методики та дослідження впливу додавання каталізатора горіння на ефективність роботи котлів;
- проведення теоретичного і практичного обґрунтування можливості спалювання непроекtnих видів палива та їх сумішей в існуючих котлах;
- розроблення нових схем і способів ефективного та надійного спалювання непроекtnого вугілля у котлах.

Об'єктом дослідження є процеси факельного спалювання вугілля в топках енергетичних котлів.

Предметом дослідження є вплив виду, складу і режимів спалювання палива на показники ефективності, надійності та економічності роботи котлів.

Методи дослідження. Науково-методичну основу досліджень складають:

- метод натурних вимірювань показників роботи енергетичних котлів;
- розрахунковий метод визначення кількісних та якісних характеристик фізичних факторів;
- моделювання просторових розподілів теплових навантажень та фізичних факторів роботи топок енергетичних котлів;
- графоаналітичний метод.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що:

- отримано аналітичні та емпіричні залежності зміни горючих компонентів в золі виносу і втрати теплоти з механічним недопалом від теплотехнічних характеристик непроекtnого вугільного палива та режимних факторів процесів його спалювання в топках енергетичних котлів;
- вперше розроблено методику визначення коефіцієнтів пропорційності залежності тепловтрат з відхідними газами та механічним недопалом від калорійності і зольності вугілля, що дозволяє розраховувати зміну витрати палива та ККД котлів;
- досліджена та доведена можливість ефективної і надійної роботи антрацитових котлів при спалюванні непроекtnих бінарних сумішей вугілля з наявністю синергетичного ефекту;
- вперше отримано емпіричні залежності зміни економічних показників та побудована комп'ютерна модель розрахунку ефективності роботи котлів на різних навантаженнях з можливістю додавання каталізатора горіння;
- вперше запропоновано узагальнену методику визначення ефективності роботи котлів з використанням розширених енергетичних матриць;
- вперше розроблено та проаналізовано новий, маловитратний спосіб спалювання непроекtnого газового вугілля на діючих антрацитових котлах;
- вперше розроблено та проаналізовано новий, маловитратний спосіб подачі каталізатора горіння в тракт первинного повітря котла.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тім, що автором розроблено рекомендації для розвитку вугільної теплоенергетики України на перспективу з поліпшенням техніко-економічних і екологічних показників та характеристик маневреності котлів, розширенням паливної бази за рахунок можливості застосування непроєктного вугілля.

На Чернігівській ТЕЦ, Краматорській ТЕЦ, Дарницькій ТЕЦ впроваджені наступні результати дисертаційної роботи:

- отримані оптимальні емпіричні залежності зміни горючих компонентів в золі виносу, втрати теплоти з механічним недопалом і відхідними газами від теплотехнічних характеристик непроєктного вугільного палива та режимних факторів процесів його спалювання дозволили покращити умови експлуатації та економічності роботи енергетичних котлів;

- обґрунтовано і практично апробовано сукупність технічних рішень, що дозволили спалювати на антрацитових котлах теплових електростанцій непроєктне вугілля, бінарні вугільні суміші, а також суміш вугілля і золи антрациту зі збереженням показників надійності та енерго-екологічної ефективності їх роботи;

- розроблено та практично реалізовано нову технологічну схему введення присадки-каталізатора горіння в тракт первинного повітря котельної установки;

- розроблено нову технологічну схему переведення антрацитових котлів на спалювання вугілля з високим виходом летких речовин.

Усі впровадження підтверджені відповідними актами.

Особистий внесок здобувача полягає у: проведенні комплексного аналізу сучасних енерготехнологій та можливості їх застосування для модернізації ТЕС та ТЕЦ України [1, 6]; постановці і вирішенні теоретичних і експериментальних задач, пов'язаних з розробленням методик врахування впливу виду та якості палива на роботу котлів [3, 8]; розробці нової методики визначення впливу показників виду та якості палива на техніко-економічні показники роботи котлів при введенні каталізатора горіння і без нього [2, 4, 15, 16]; розробці та реалізації технічних рішень по спалюванню на антрацитових котлах бінарних сумішей різних видів вугілля [7], а також вугілля та золи антрациту [5] зі збереженням надійності та ефективності їх роботи; обробці, аналізі та розрахунках отриманих результатів досліджень енерго-екологічної ефективності роботи котлів, про що свідчать акти впровадженнь. Постановка завдання та формулювання висновків виконувались під керівництвом д.т.н., проф. Варламова Г.Б.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися на 6-ох конференціях: Міжнародна науково-технічна конференція «Наукові підсумки 2012 р.». Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Харків, грудень 2012 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні задачі сучасних технологій». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Тернопіль, грудень 2012 р.); ІХ Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми енергозбереження та шляхи їх вирішення» Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Харків, квітень 2013 р.); Міжнародна науково-технічна конференція «Використання обладнання польських виробників на ТЕС України. Досвід роботи та

підвищення ефективності експлуатації і обслуговування» (Львів, 20-22 квітня 2016 р.); V Міжнародна науково-практична конференція «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» (Казахстан, Астана, 17 березня 2017 р.); XVI Міжнародній науково-практична конференція «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (Київ, 24 - 27 квітня 2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 16 наукових праць, у тому числі 8 статей у фахових наукових виданнях (з них 2 статті у виданнях іноземних держав; 4 статті у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз), 1 патент на корисну модель, 5 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій та 2 статті у інших виданнях.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із анотації, переліку умовних скорочень, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 110 найменуваннями та 3 додатків; містить 89 рисунків і 32 таблиці. Загальний обсяг дисертації – 266 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, показано зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність наукових результатів, рівень результатів роботи, кількість публікацій за темою дисертації та особистий внесок автора.

У **першому розділі** на підставі розгляду літературних джерел та прикладних робіт автора проаналізовано стан вугільної теплоенергетики. Досліджено зміни в структурі паливоспоживання тепловими електростанціями внаслідок втрати контролю над частиною території України. Визначено основні характеристики впливу непроєктного вугілля на роботу котельного устаткування. Розглянуто питання використання непроєктного вугільного палива та можливості активації процесів горіння в енергетичних котлах.

Виконаний аналіз довів необхідність комплексного дослідження процесів спалювання непроєктного вугілля і його сумішей з метою розроблення рекомендацій з підвищення енерго-екологічної ефективності роботи котлів.

Вагомий внесок у розв'язання проблем спалювання вугілля зробили вітчизняні і закордонні вчені: Г.Т. Левіт, А.А. Мадоян, Л.М. Капельсон, М.Б.Равіч, Л.О. Кесова, Й.С. Мисак, О.Ю. Майстренко, Б.С. Білосельський, М.В. Чернявський, Л.С. Гапонич, Y. Huang, R. Viswanathan, J. Zhao та ін.

Показана доцільність розробки та впровадження способів, що дозволять не тільки економити природний газ на підсвічування вугільного факелу, але й повністю переводити котли на непроєктні, більш доступні види вугілля.

На основі результатів виконаного аналізу обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета та задачі дослідження.

У **другому розділі** на базі досліджень автора проаналізовано особливості процесів горіння вугільного пилу НТП в топках котлів: стадійність процесу та вплив характеристик палива і режимних факторів на утворення механічного недопалу. Для оцінки впливу на енерго-екологічну ефективність роботи котлів виду та якості палива, режимних факторів та додавання каталізатору горіння розроблена методика експериментально-розрахункових досліджень.

Шляхом аналітичних розрахунків побудовано діаграми залежності теплоцінності антрациту від його вологості (рис. 1) і зольності (рис. 2).

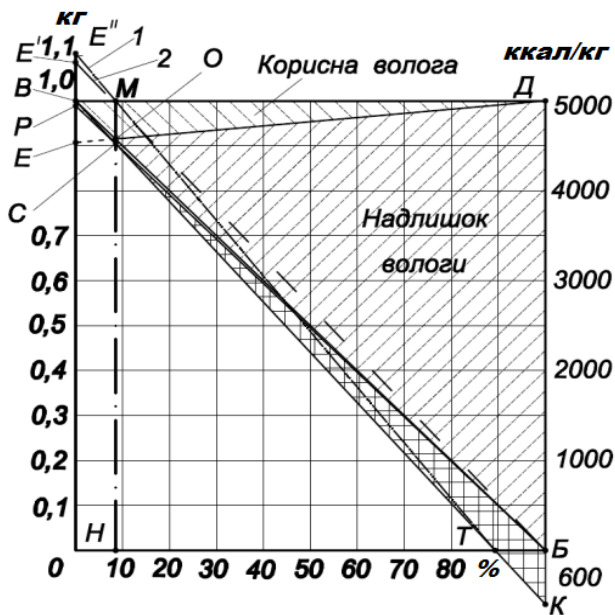


Рисунок 1 – Діаграма теплоцінності антрациту підвищеної зольності в залежності від його вологості

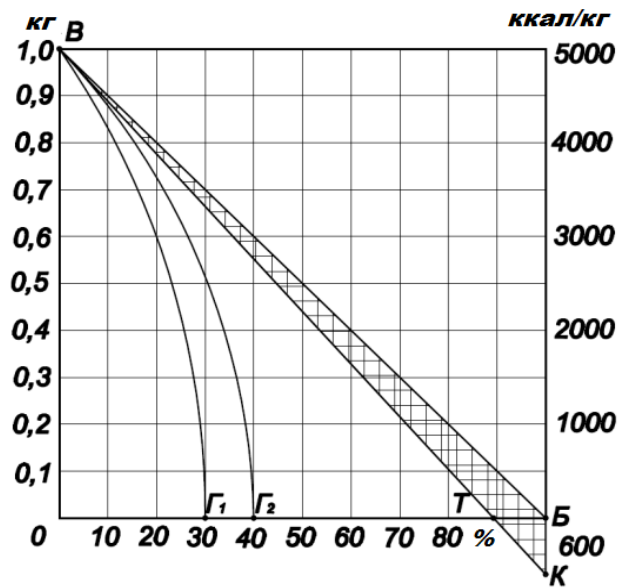


Рисунок 2 – Діаграма теплоцінності антрациту підвищеної зольності в залежності від його зольності

Розроблені алгоритми розрахунку даних діаграм є універсальними і можуть використовуватись для будь-якого типу непроєктного вугілля.

Для графічного визначення втрат теплоти з механічним недопалом (q_4) від вмісту горючих елементів у золі виносу ($\Gamma_{вин}$) та зольності палива на суху масу (A^d) побудовано номограму для антрациту підвищеної зольності (рис. 3).

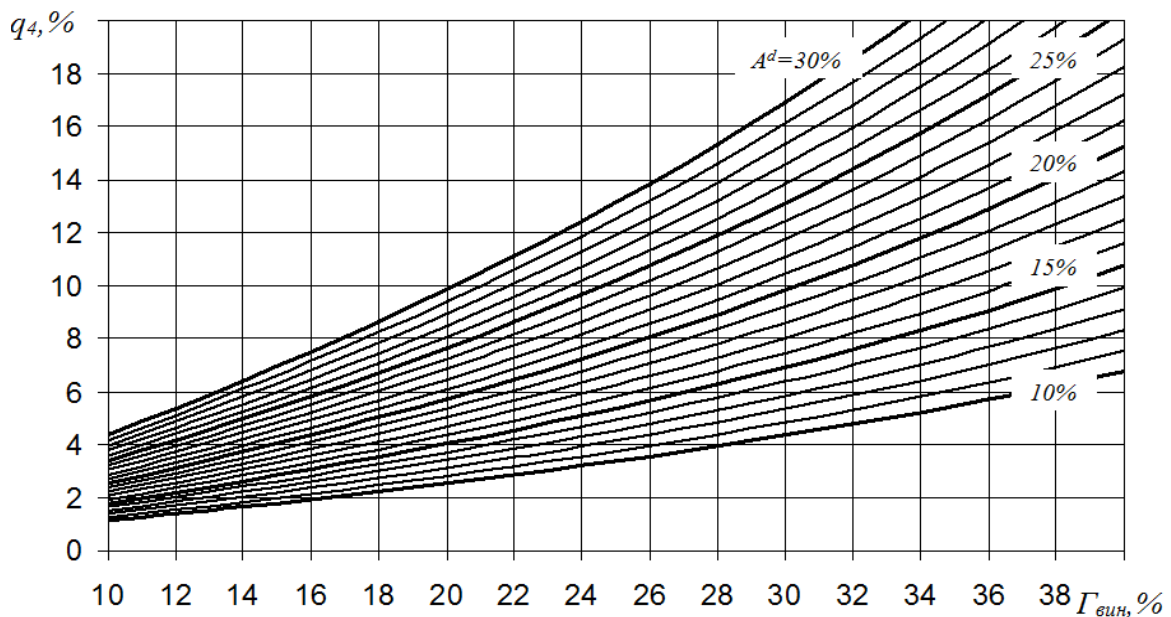


Рисунок 3 – Номограма для визначення втрати теплоти з механічним недопалом q_4 при $\Gamma_{вин} \leq 40\%$ для антрациту підвищеної зольності

На основі експериментальних даних для котла ТПП-210А отримано графічні залежності і коефіцієнти пропорційності для обрахунків прогнозованих тепловтрат з відхідними газами (q_2) та механічним недопалом (q_4) (табл. 1) при відхиленні калорійності та зольності вугілля від нормативних значень. Знайдені коефіцієнти дозволяють розрахувати збитки, нанесені електростанції через перевитрату палива при спалюванні НТП, а розроблені алгоритми розрахунку є універсальними для всіх пиловугільних котлів.

Таблиця 1 – Коефіцієнти пропорційності K_A , $K_Q^{q_2}$, $K_Q^{q_4}$

Тип обладнання	Коефіцієнти пропорційності:		
	K_A	$K_Q^{q_2}$	$K_Q^{q_4}$
Котел ТПП-210А	0,09	0,12	0,28

Введено поняття коефіцієнту використання енергетичного потенціалу вугілля η_e рівного відношенню кількості корисної теплоти, отриманої при спалюванні НТП, до кількості теплоти при спалюванні проектного вугілля:

$$\eta_e = K_{НТП} \cdot \frac{(100 - A_{НТП}^r - 1,075 \cdot W_{НТП}^r) \cdot (K_1 - K_2 \cdot A_{НТП}^r)}{(100 - A_{np}^r - 1,075 \cdot W_{np}^r) \cdot (K_1 - K_2 \cdot A_{np}^r)}$$

де K_1, K_2 – емпіричні коефіцієнти залежності ККД від зольності вугілля, отримані при обробці експериментальних даних.

Дослідження при спалюванні АШ різної якості та фракційного складу на котлах ТПП-210А доводять, що при значеннях емпіричних коефіцієнтів $K_1=88$ і $K_2=0,25$ максимум для кількості корисної теплоти та коефіцієнта використання енергетичного потенціалу досягається при зольності АШ $\sim 8-10\%$.

У **третьому розділі** наведені умови проведення та результати дослідів з визначення ефективності роботи котлів при спалюванні НТП та бінарних сумішей вугілля, додатково враховуючи зміну характеристик палива, динаміку перехідних процесів роботи котлів та введення в топку каталізатору горіння.

Досліди проводилось на котлах: ТПП-210А Трипільської ТЕС проектне паливо АШ, ТП-15 Дарницької ТЕЦ – АШ, БКЗ-160-100 Краматорської ТЕЦ – АШ, БКЗ-210-140 Чернігівської ТЕЦ – АШ, ЕП-670-140 ТЕЦ «Марица Исток-2» (Болгарія) – буре вугілля, ТГМ-84Б Чернігівської ТЕЦ – газ.

В експериментах використано газоаналізатори «Testo 330», які дозволяли визначати: концентрацію кисню (O_2), монооксиду вуглецю (CO) та оксидів азоту (NO_x). Температура факелу вимірювалась пірометром «Промінь-МП».

Для нестаціонарних режимів роботи котлів проведено дослідів з визначення впливу динаміки перехідних процесів і характеристик вугілля на вміст горючих елементів у золі виносу ($\Gamma_{вин}$) стосовно таких факторів: тривалості та кількості спалювання природного газу, зміни теплового навантаження котла, зміни режимних показників роботи, зміни тонини помолу вугільного пилу і характеристик НТП.

Вплив інтенсивності підсвічування пиловугільного факелу через ($n_{штук}$) працюючих пальників на повноту згоряння АШ за результатами проведених досліджень на котлі ТПП-210А наведено на рис. 4.

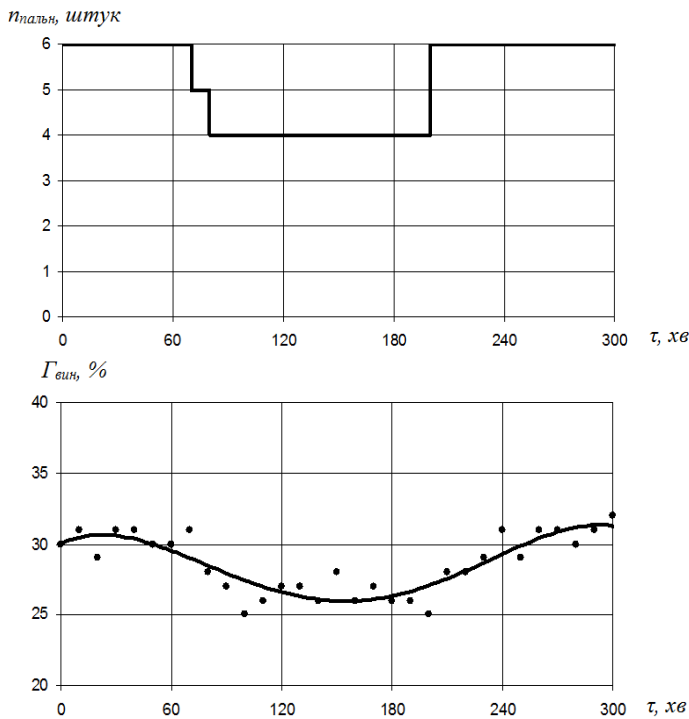


Рисунок 4 – Залежність вмісту горючих у золі виносу від інтенсивності підсвічування пиловугільного факелу

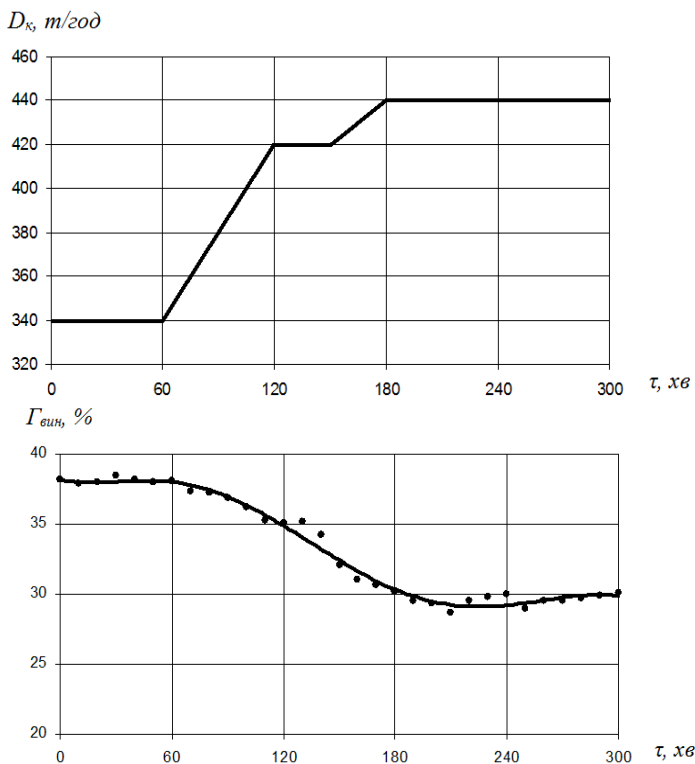


Рисунок 5 – Залежність вмісту горючих у золі виносу від тривалості набору навантаження

Дослідження проводились при роботі корпусу котла на 6-ти вугільних пальниках та загальній витраті природного газу на підсвічування $3700 \text{ м}^3/\text{год}$ тобто, за рівномірного розподілу, по $\sim 615 \text{ м}^3/\text{год}$ на пальник.

Через 2 години фіксації режиму було припинено подачу природного газу на 2 пальники, тобто підсвічування факелу забезпечувалось 4-ма кутовими пальниками з 6-ти. Зменшення на третину частки підсвічування газом спричинило спад $\Gamma_{вин}$ на $\sim 5\%$.

Для визначення впливу зміни теплового навантаження на $\Gamma_{вин}$ проведено досліди по зміні витрати пари D_k з наближенням до реальних експлуатаційних умов (рис. 5), в яких отримані наступні показники нестационарності режиму: загальна тривалість перехідного режиму $\tau_{n(zag)}=1,5-2,0 \text{ год}$; середня тривалість технологічної операції зміни навантаження $\tau_{D(var)}=0,5-1,0 \text{ год}$; тривалість перехідного процесу від початку зміни паропродуктивності до повної стабілізації значення $\Gamma_{вин}$ при ($D_k=const$) $\tau_{D(const)}=1,0-1,5 \text{ год}$.

Отримані дані свідчать про те, що інтенсивність зміни навантаження суттєво впливає на загальну тривалість та конфігурацію динаміки перехідного процесу, тоді як час, необхідний для стабілізації $\Gamma_{вин}$, після досягнення котлом постійної паропродуктивності ($D_k=const$) не залежить від її зміни.

Наведені на рис. 6 дослідження залежності вмісту $\Gamma_{вин}$ від зольності на суху масу палива АШ A^d можна використовувати в експлуатації котла для оперативного прогнозування $\Gamma_{вин}$ та відповідних обрахунків зміни тепловтрат з механічним недопалом при спалюванні НТП.

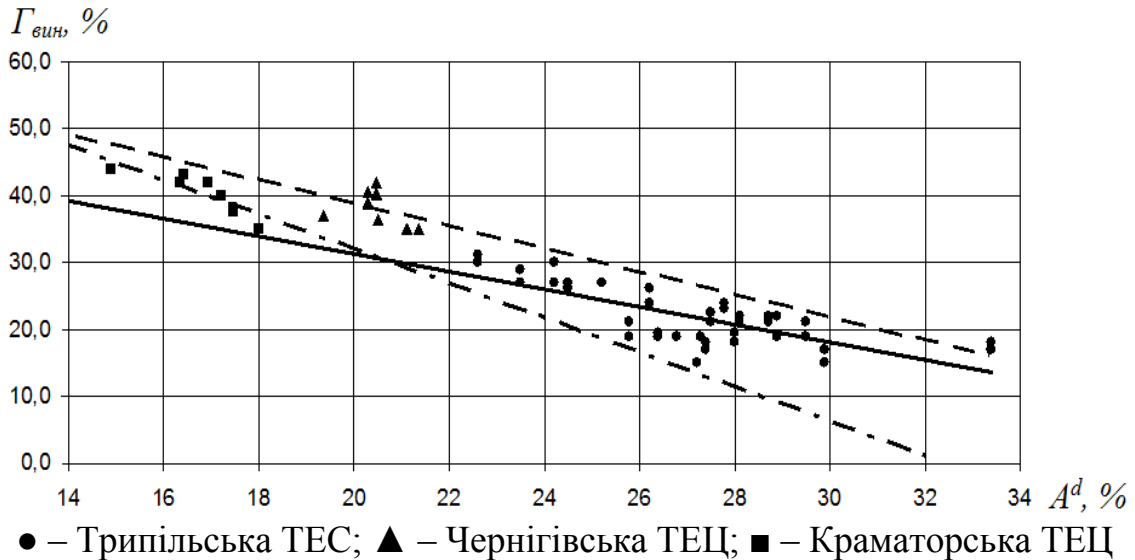


Рисунок 6 – Залежність вмісту горючих у золі від зольності АШ на суху масу A^d

На рис. 6 спостерігається різний кут нахилу ліній залежностей $\Gamma_{вин}$ від A^d . Причиною цього є великі діапазони коливання зольності з найменшими значеннями на Краматорській ТЕС (~15-18%) та найбільшими на Трипільській ТЕС (~23-34%) та різне теплове напруження топок котлів, що суттєво впливає на процеси утворення механічного недопалу. Визначено, що зростання зольності сухої маси АШ A^d на 1% призводить до зростання $\Gamma_{вин}$ ~ на 2%.

На рис. 7 зображено вплив тонини помолу вугільного пилу (залишок фракції на ситі 90 мкм) R_{90} на якість режиму горіння АШ (вміст $\Gamma_{вин}$) для трьох типів котлів.

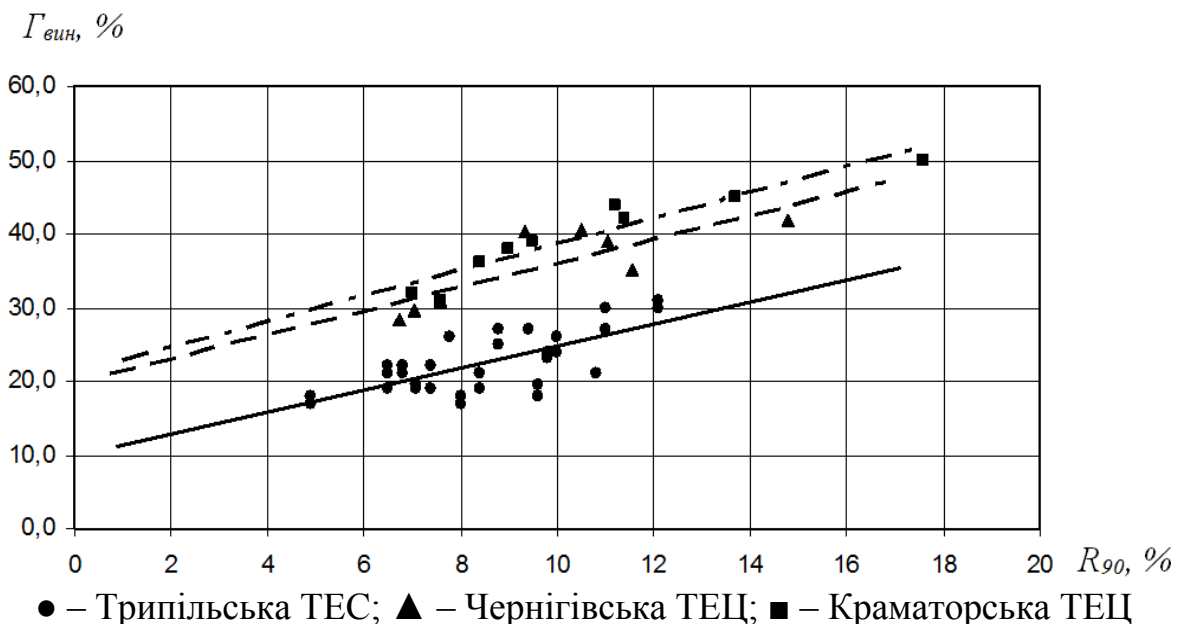


Рисунок 7 – Залежність вмісту горючих у золі від тонини помолу АШ R_{90}

На рис.7 спостерігається майже паралельне розташування залежностей $\Gamma_{вин}$ від R_{90} , проте накладання не відбувається по причині спалювання в топках з різним тепловим напруженням. Дослідження довели, що зростання тонини помолу АШ R_{90} на 1% призводить до зростання $\Gamma_{вин} \sim$ на 1,6-1,8%.

На рис. 8 показано залежність зміни горючих у золі $\Gamma_{вин}$ АШ від режимного значення надлишку повітря α_p для трьох типів котлів з камерним спалюванням.

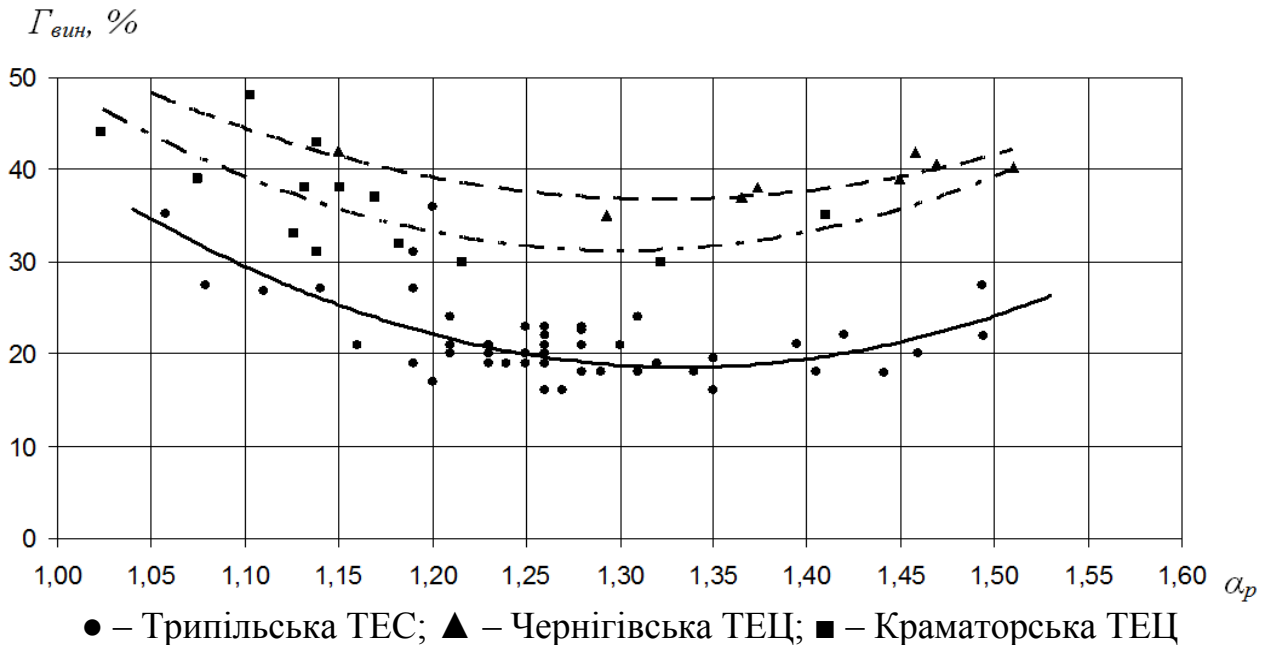


Рисунок 8 – Залежність вмісту горючих у золі від режимного надлишку повітря

Експерименти показали, що оптимальний надлишок повітря в режимному перетині $\alpha_{p(опт)}$ для котлів ТПП-210А знаходиться в межах 1,30-1,35 при значенні горючих в золі виносу $\Gamma_{вин}$ 18-19%, для котлів БКЗ-160-100 – в межах 1,27-1,32 при $\Gamma_{вин}$ 31-32%, для котлів БКЗ-210-140 – в межах 1,30-1,35 при $\Gamma_{вин}$ 36-37%. Середнє ж значення оптимального надлишку повітря для котлів з факельним спалюванням та рідким шлаковидаленням знаходиться в межах 1,29-1,34.

Визначені експериментальним шляхом значення $\Gamma_{вин}$, R_{90} , $\alpha_{p(опт)}$ рекомендовано та впроваджено для використання на теплових електростанціях України для покращення умов експлуатації та економічності роботи котлів.

У роботі також досліджено вплив додавання апробованої кількості рідкого каталізатору горіння МНФ (ТУ У 24.6-36045774-001:2009) в тракт первинного повітря на градієнт температур, емісію викидів і режими роботи топків котлів.

У момент часу $\tau=0$ хв починалась подача каталізатора з дозуванням 5 мл на тонну вугілля чи 3-4 мл на 100 м³ природного газу. Його вплив на котлах проявлявся вже з перших 10-ти хв від моменту подачі. Стабілізація режиму з виходом котла на нову паропродуктивність тривала ~ 2 год, а по відключенні каталізатору вона поверталась до попереднього значення.

Експериментальні дані зростання парового навантаження наведені на рис. 9: БКЗ-210-140 (спалювався АШ) на $\sim 6\%$ ($12 \div 13$ т/год) від початкового значення, БКЗ-160-100 (АШ) на $\sim 2\%$ ($1,5 \div 2$ т/год) і ТПП-210А (суміш АШ та П) на $\sim 2\%$ ($14 \div 16$ т/год).

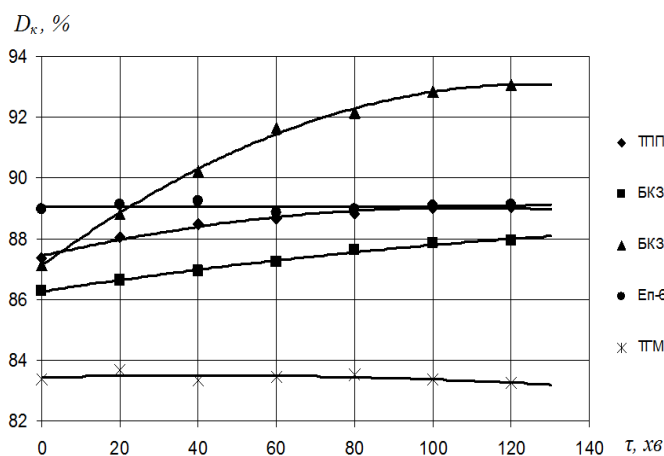


Рисунок 9 – Зміна в часі τ паропродуктивності від її номінальної величини D_k

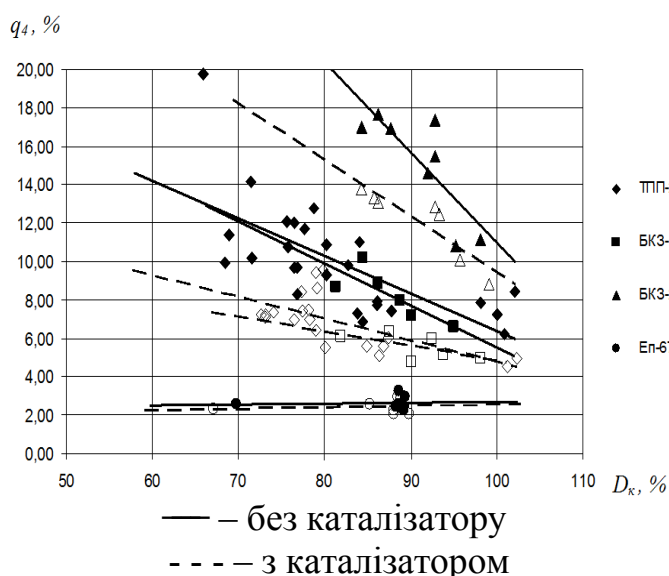


Рисунок 10 – Зміна теплових втрат з механічним недопалом q_4 від на різній паропродуктивності D_k

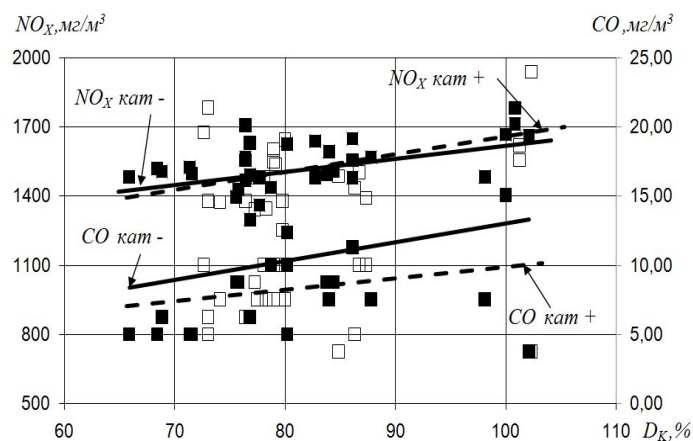


Рисунок 11 – Зміна викидів NO_x та CO на різній паропродуктивності D_k котла ТПП-210А

Отримані результати свідчать про позитивний ефект дії каталізатора горіння виключно при спалюванні вугілля з малим виходом летких речовин. На котлі Еп-670-140 (спалювалось буре вугілля) і ТГМ-84Б (спалювався природний газ) паропродуктивність не зростає.

Каталізатор суттєво (на $100 \div 150^\circ C$) підвищує температуру горіння в ядрі факелу, покращує режим рідкого шлаковидалення та якість випалювання вугільного пилу. Його подача знизилу втрату теплоти з механічним недопалом q_4 на 3-ох котлах (рис. 10): БКЗ-210-140 на $\sim 1-2\%$ на максимальних навантаженнях і $\sim 4-5\%$ на мінімальних, БКЗ-160-100 на $\sim 1-2\%$ на максимальних і $\sim 5-6\%$ на мінімальних, ТПП-210А на $\sim 1-2\%$ на максимальних і $\sim 4-5\%$ на мінімальних. На котлах Еп-670-140 зменшення недопалу не відбулось.

Характерними є усереднені зниження викидів хімічного недопалу, а саме монооксиду вуглецю (CO) для котла ТПП-210А (рис. 11), що пояснюється інтенсифікацією процесу випалювання вугілля, тоді як помітних змін концентрації оксидів азоту (NO_x) у відхідних газах не відбулось (аналогічні залежності отримано й на інших дослідних антрацитових котлах).

Для моделювання процесів спалювання бінарних вугільних сумішей антрациту (АШ) і пісного вугілля (П) за умов підвищеного у результуючій суміші виходу летких речовин та температури плавкості золи розроблена методика та виконаний позонний тепловий розрахунок топки котла ТП-15.

Згідно методики було розроблено комп'ютерну програму в середовищі Microsoft Excel і розраховані 4 варіанти спалювання: 100% АШ, 100% П і 2 бінарні суміші АШ і П (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати розрахунку на моделі характеристик спалювання вугілля різних комбінацій в топці котла ТП-15

Назва величини		Розмірність	Номери варіантів			
			1	2	3	4
Марка палива		–	АШ	П	67%АШ 33%П	67%П 33%АШ
Втрати теплоти	від механічного недопалу	%	5	1	4	2.5
	з відхідними газами	%	6.14	6.33	6.17	6.27
ККД котла		%	88.1	91.871	89.1	90.4
Розрахована витрата палива		кг/год	25251.5	23073.2	24478.0	23758.2
Адіабатична температура горіння		°C	2178.61	2195.25	2189.3	2185.68
Коефіцієнт надлишку повітря		–	1.1	1.11	1.11	1.11
Температура рідкого стану золи		°C	1392	1557	1445	1500

Експериментальні дослідження спалювання бінарних сумішей П і АШ котла ТП-15 (табл. 3) підтвердили з прийнятною збіжністю результати виконаного моделювання та дали можливість безпечного їх спалювання зі зниженням витрати газу на підсвічування $\sim 1750 \text{ нм}^3/\text{год}$ (60 % від значення при спалюванні лише АШ) при збереженні умов рідкого шлаковидалення.

Таблиця 3 – Результати випробувань котла ТП-15 при спалюванні суміші АШ та П

Назва	Розмірність	Значення	Значення	Значення	Значення	Значення
Паливо	-	АШ 100%	АШ/П– 67/33	АШ/П– 50/50	АШ/П– 33/67	П
Вологість, W^r	%	10.14	10.98	11.29	8.9	11.67
Зольність, A^r	%	17.73	17.61	17.28	15.0	14.30
Вихід летких, V^{daf}	%	7.2	8.45	7.68	10.74	12.86
Витрата газу на підсвічування	$\text{нм}^3/\text{год}$	2750	1900	1900	1750	3800- 3000
Температура факелу в льотці	°C	1400- 1410	1470- 1530	1480- 1520	1465- 1526	1480- 1580
Температура на рівні пальників	°C	-	1550- 1720	1575- 1693	1649- 1718	1538- 1751
Вміст горючих в золі виносу	%	38.25	16.93	19.6	31.94	34.0

Додатково на котлі ТП-15 проведено випробування при спалюванні суміші вугілля марки П з легкою золою АШ, яка покращила характеристики витікання тугоплавкої золи вугілля П без збільшення витрати газу на підсвічування.

За результатами досліджень бінарних сумішей П і ПАР (вугілля Південно-Африканської Республіки) доведена можливість експлуатації котлів ТПП-210А з безпечним та економічним їх спалюванням без конструктивних змін систем пилоприготування і підсвічування факела у всьому діапазоні навантажень.

Отримані результати доводять, що характеристики горіння пиловугільного факелу (температурний режим в топці, витрата газу на підсвічування, ступінь вигорання палива) будь-якої бінарної суміші подібні характеристикам факелу з вищою реакційною здатністю, забезпечуючи наявність синергетичного ефекту в процесах спалювання вугільних сумішей.

У **четвертому розділі** на основі попередніх розрахунків та досліджень із застосуванням методу енергетичних матриць розроблено алгоритм, програму та методику для розрахунку ефективності роботи котла. Розроблено нові способи інтенсифікації процесу спалювання та переведення антрацитових котлів на НТП.

Шляхом проведення аналогії з калорійністю (Q_i^r) отримано формули визначення її ексергетичних еквівалентів для різних видів палива:

$$\text{АШ та П:} \quad e_{i(x)}^r = \left(1,009 + \left(\frac{0,131 \cdot O^r + 0,116 \cdot W^r}{100 - A^r - W^r} \right) \right) \cdot Q_i^r$$

$$\text{Буре вугілля:} \quad e_{i(x)}^r = \left(0,978 + \left(\frac{0,267 \cdot O^r + 0,103 \cdot W^r}{100 - A^r - W^r} \right) \right) \cdot Q_i^r$$

$$\text{Природний газ:} \quad e_{i(x)}^r = 1,01 \cdot Q_i^r$$

Відображення параметрів процесів, які відбуваються в котлах сформовано у вигляді єдиної табл. 4, що отримала назву енергетичної матриці.

Таблиця 4 – Розширена енергетична матриця парового котла

Вугілля	Марка	$e_{i(x)}^r$, ккал/кг	Напрямок використання						Баланс
			E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	%
Донецьке	Д	4231	X	X	X	X	X	X	100
Донецьке	П	5031	X	X	X	X	X	X	100
Донецьке	АШ	4485	X	X	X	X	X	X	100
Львів.-Волинс.	Г	4837	X	X	X	X	X	X	100
Природний газ	–	8585	X	X	X	–	X	–	100

При складанні енергетичних матриць враховано не тільки кількість використаних ресурсів але й спрямованість роботи котла на конденсаційний чи теплофікаційний режим, тому даний метод є універсальним для розрахунків ефективності роботи будь-якого котельного агрегату на різних видах палива.

Для аналізу роботи котлів (зміни ККД, перевитрати палива та ін.) методом об'єктно-орієнтованої мови програмування С# була розроблена програма з процедурами розрахунків за методиками зворотного балансу та енергетичних матриць з можливістю додавання каталізатору горіння.

Розроблено універсальний спосіб (рис. 12) інтенсифікації спалювання НТП, в основі якого поставлено завдання чіткої відповідності між витратою теплоносія, палива, повітря, правильним місцем введення каталізатора в тракт первинного повітря та його дозування в чіткій залежності від витрати, якості палива та недопалу. Завдяки йому вміст недопалу в золі зменшується, витрата газу на підсвічування факелу не застосовується, а регульовальний діапазон навантажень, надійність і ефективність роботи котла зростає.

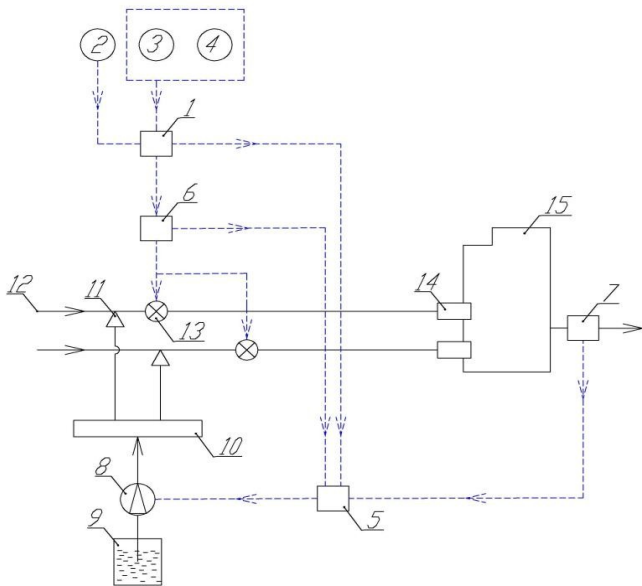


Рисунок 12 – Спосіб інтенсифікації спалювання НТП

1 – блок регулювання витрати вугільного пилу; 2 – датчик витрати повітря; 3 – датчик витрати пари; 4 – датчик тиску пари; 5 – програмований логічний контролер; 6 – блок визначення якості вугільного пилу; 7 – блок визначення недопалу в золі; 8 – насос-дозатор; 9 – ємність з каталізатором; 10 – розподільча гребінка; 11 – форсунка; 12 – тракт первинного повітря; 13 – живильник вугільного пилу; 14 – пальник; 15 – котел

Для спалювання вугілля газової групи в антрацитових котлах розроблено спосіб (рис. 13), в основі якого поставлено завдання застосування сушильного агенту – повітря без використання димових газів з топки котла.

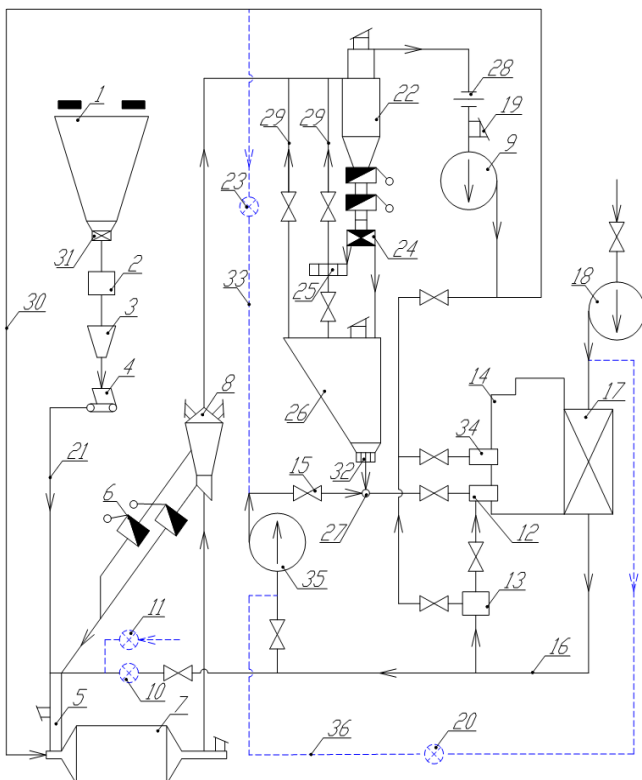


Рисунок 13 – Спосіб підготовки до спалювання вугілля газової групи у антрацитових котлах

1 – бункер вугілля; 2 – ваги; 3 – ваговий бункер; 4 – живильник; 5 – сушка; 6 – клапан-мигалка; 7 – млин; 8 – сепаратор; 9 – млиновий вентилятор; 10 – шибер; 11 – регулюючий клапан холодного повітря; 12 – пальник основний; 13 – короб вторинного повітря; 14 – котел; 15 – шибер; 16 – гаряче повітря; 17 – підігрівач повітря; 18 – дуттьовий вентилятор; 19 – вибуховий клапан; 20 – шибер; 21 – протічка сирого вугілля; 22 – циклон; 23 – шибер; 24 – перекидний шибер; 25 – шнек; 26 – бункер пилу; 27 – змішувач; 28 – вимірювальна шайба; 29 – вологовідбір; 30 – трубопровід рециркуляції; 31 – відсічний шибер; 32 – живильник пилу; 33 – скидне повітря до напору вентилятора гарячого дуття; 34 – скидний пальник; 35 – вентилятор гарячого дуття; 36 – гаряче повітря у вентилятор гарячого дуття

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішена комплексна задача обґрунтування впливу виду, якості та режимів спалювання непроектного вугілля на показники надійності та економічності роботи енергетичних котлів з розробленням відповідних заходів для забезпечення їх оптимальної роботи.

Усі отримані експериментальні результати мають важливе практичне галузеве значення для забезпечення ефективних і безпечних умов спалювання непроектного вугілля в топках антрацитових котлів у реальних умовах дефіциту проектного палива. Виконана багатопланова комплексна робота, в результаті якої можна зробити наступні висновки.

1. Аналіз технічного стану та особливостей експлуатації котлів теплових електростанцій показав, що плани їх реабілітації повинні ґрунтуватися на комплексному підході з урахуванням поліпшення енерго-екологічних показників, характеристик маневреності, розширення паливної бази та мінімізації затрат на реконструкцію.

2. Погіршення якості та зміна виду вугілля призводить до зниження номінальної потужності котлів, погіршення роботи системи паливоподачі, збільшення тепловтрат з механічним недопалом, збільшення частки підсвічування пиловугільного факелу високореакційним паливом і, як наслідок, зниження економічності роботи котлів в цілому.

3. Вперше, на основі аналітичних та експериментальних досліджень розроблено метод оцінювання збитку нанесеного електростанції через погіршення теплотехнічних характеристик палива і, як наслідок, підвищення тепловтрат з відхідними газами, механічним недопалом та зростання перевитрати палива. Введено поняття коефіцієнту енергетичного потенціалу вугілля та досліджено його залежність від якості НТП.

4. Для реальних експлуатаційних режимів розроблено універсальні методики розрахунків енерго-екологічної ефективності котлів. Досліджено вплив динаміки перехідних процесів (тривалості та кількості спалювання природного газу, зміни теплового навантаження котла, зміни режимних показників роботи котельного устаткування) та теплотехнічних характеристик вугілля на вміст горючих в золі виносу. Отримано емпіричні залежності впливу вищезазначених показників, які можна використовувати на практиці для оперативного прогнозування очікуваного значення механічного недопалу.

5. У результаті проведених експериментально-розрахункових робіт доведено, що подача каталізатора в котел, шляхом введення його в апробованій кількості в тракт первинного повітря, суттєво впливає з позитивним ефектом на параметри топочного процесу при спалюванні вугілля марок П та АШ у всьому діапазоні робочих навантажень. Застосування такого методу дозволило виключити підсвічування пиловугільного факелу АШ природним газом на мінімальних навантаженнях, внаслідок підвищення стійкості та стабільності процесу горіння в топках. Доведено, що застосування каталізатору горіння покращує режим рідкого шлаковидалення, тоді як емісія оксидів азоту при цьому практично не змінюється, а монооксиду вуглецю дещо зменшується.

6. Вперше проведені експериментальні дослідження підтвердили виконаний шляхом моделювання позонний тепловий розрахунок топки антрацитового котла ТП-15, дозволивши безпечно спалювати бінарну суміш вугілля АШ і П зі зниженим підсвічуванням природним газом $\sim 1750 \text{ нм}^3/\text{год}$ (60 % від значення при спалюванні виключно АШ), а також суміш вугілля марки П з легкою золою антрациту без погіршення якісних показників роботи котлоагрегату при збереженні умов рідкого шлаковидалення.

7. Вперше експериментальним шляхом доведено, що котли ТПП-210А здатні безпечно спалювати суміш вугілля П/ПАР і 100% вугілля ПАР без конструктивних доробок систем пилоприготування і газового підсвічування факела у всьому діапазоні навантажень.

8. На основі лінійного програмування розроблено нову методику визначення економічності роботи котлів шляхом складання та розрахунків розширених енергетичних матриць. Введено поняття ексергетичного відповідника для нижчої робочої теплоти згоряння та розраховані його значення для кількох видів палива.

9. Вперше розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для розрахунку енерго-екологічної ефективності роботи котлоагрегату.

10. Вперше розроблено новий спосіб інтенсифікації процесу спалювання НТП з додаванням каталізатору горіння для реальних експлуатаційних навантажень котлоагрегатів в стаціонарних та маневрених режимах.

11. Вперше розроблено новий спосіб, що дозволяє застосовувати як сушильний агент гаряче повітря, без використання димових газів з топки котла для спалювання вугілля газової групи на котлах, спроектованих на спалювання антрацитового та пісного вугілля.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України та за кордоном:

1. Капустянський А.О., Побігушка В.І. Шляхи підвищення надійності та економічності спалювання непроектного твердого палива // Науковий вісник НЛТУ України – 2013 – №23.1 – С. 172–176. (фахове видання, включено до *Index Copernicus, Crossref, WorldCat*).

Здобувач навів результати дослідження впливу теплотехнічних характеристик непроектного твердого палива (НТП) на ефективність роботи енергетичних котлів.

2. Капустянський А.О. Результати експертних випробувань котла БКЗ-210-140ПТ Чернігівської ТЕЦ при спалюванні твердого палива з додаванням каталізатора горіння // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація» – 2013 – № 758. – С. 50-61. (фахове видання).

3. Капустянский А. А. Метод аналитического определения перерасхода топлива на пылеугольных котлах // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. - 2013. - № 6. - С. 8- 14. (фахове видання, включено до *РИНЦ, Index Copernicus*).

4. Капустянский А.А. Влияние катализатора горения на эффективность работы паровых котлов // Теплоэнергетика – 2014 – № 9. – С. 50-56. - ISSN 0040-3636. (іноземне видання, включено до SCOPUS Database (США), РИНЦ, elibrary.ru)

5. Капустянский А.О. Дослідження факельного спалювання суміші пісного вугілля і золи // Науковий вісник НЛТУ України – 2016 – №26.5 – С. 250–255. (фахове видання, включено до Index Copernicus, Crossref, WorldCat).

6. Капустянский А.О., Варламов Г.Б. Аналіз діяльності паливно-енергетичного комплексу України // Науковий журнал «Вісник Тернопільського національного технічного університету» – 2016 – № 3(83) – С. 144–153. (фахове видання).

Здобувач дослідив зміни в структурі паливоспоживання тепловими електростанціями внаслідок тимчасової втрати контролю над частиною території України та визначено основні завдання для збереження функціональності вугільної галузі.

7. Капустянский А.А. Исследование факельного сжигания непроектных бинарных угольных смесей в паровых котлах // Теплоэнергетика – 2017 – № 7. – С. 1-8. - ISSN 0040-3636. (іноземне видання, включено до SCOPUS Database (США), РИНЦ, elibrary.ru).

8. Варламов Г.Б., Капустянский А.О. Вплив характеристик непроектного твердого палива на показники надійності та економічності роботи котельного устаткування // Энергетика: економіка, технології, екологія – № 1 – 2018 – С. 90–98. (фахове видання, включено до РИНЦ, Index Copernicus).

Здобувач дослідив проблеми спалювання непроектного вугільного палива, запропонував шляхи підвищення рівня енерго-екологічної ефективності роботи котлів та розробив методіку розрахунків для визначення ефективності спалювання вугілля.

Патент України на корисну модель:

9. Патент України №122658, МПК (2017.01) F23K 1/00 Спосіб спалювання вугілля марки Г / Варламов Г.Б., Капустянский А.О. // Опубл.25.01.2018. Бюл. № 2.

Здобувач розробив схему, подачі присадок холодного повітря і відпрацьованого сушильного агенту в пилосистему.

Тези доповідей на наукових конференціях:

10. Капустянский А.О. Вплив характеристик палива та режимних факторів на роботу котлів // Науково-практична конференція «Наукові підсумки 2012 р.», Харків, грудень 2012 р. – С. 25–26.

11. Капустянский А.О. Покращення ефективності роботи парових котлів при додаванні катализатора горіння // Міжнародна науково-технічна конференція «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, грудень 2012 р. – С. 253–254.

12. Капустянский А.О. Динаміка зміни якості твердого палива, що надходить на ТЕС // Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми енергозбереження та шляхи їх вирішення», Харків, квітень 2013 р. – С. 131–135.

13. Варламов Г.Б., Капустянский А.А. Оптимизация работы энергетических котлов Украины в современных условиях сжигания непроектных углей // V Міжнародна науково-практична конференція «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», Астана, 17 березня 2017 р.

Здобувач дослідив проблеми спалювання непроектного вугільного палива, запропонував шляхи підвищення рівня енерго-екологічної ефективності роботи шляхом додавання каталізатору горіння та навів відповідні розрахунки.

14. *Капустянський А.О.* Сучасні виклики паливно-енергетичного комплексу та задачі щодо їх подолання // XVI -й міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 24 - 27 квітня 2018 р. – С. 182.

Інші видання:

15. *Капустянський А.О., Мисак Й.С.* Результати експертних випробувань котла ТПП-210А Трипільської ТЕС при спалюванні твердого палива з додаванням каталізатора горіння // Енергетика та електрифікація – 2012 – № 12 – С. 3-8.

Здобувач навів результати проведених ним експериментальних досліджень спалювання вугільного палива з додаванням рідкого каталізатору горіння у тракт первинного повітря котла ТПП-210А Трипільської ТЕС.

16. *Капустянский А.А.* Влияние добавления катализатора горения на эффективность и экономичность работы котлов при сжигании угля // Энергия и менеджмент – 2013 – № 1(70) – С. 20-21.

АНОТАЦІЯ

Капустянський А.О. Підвищення енерго-екологічної ефективності котельних установок при спалюванні непроектних видів палива. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика – НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

Дисертацію присвячено дослідженню впливу виду, якості та режимів спалювання непроектного вугілля на показники надійності та економічності роботи енергетичних котлів ТЕС та ТЕЦ з розробленням відповідних заходів для забезпечення їх оптимальної роботи.

Розроблено метод оцінювання збитку нанесеного електростанції через погіршення теплотехнічних характеристик палива. Введено поняття коефіцієнту енергетичного потенціалу вугілля та досліджено його залежність від якості НТП. Досліджено вплив динаміки перехідних процесів та теплотехнічних характеристик вугілля на вміст горючих в золі виносу. Експериментально доведено, що подача каталізатора в котел суттєво впливає з позитивним ефектом на характеристики спалювання вугілля марок П та АШ у всьому діапазоні робочих навантажень. Проведено дослідження на котлах ТП-15 та ТПП-210А, що дозволили безпечно спалювати бінарні суміш вугілля АШ та П, П та летку золу АШ, вугілля П та ПАР без погіршення якісних показників роботи котлоагрегатів. На основі лінійного програмування розроблено нову методику визначення економічності роботи котлів шляхом складання та розрахунків розширених енергетичних матриць. Запропоновано нові способи інтенсифікації процесу спалювання та переведення антрацитових котлів на НТП.

Ключові слова: теплова електрична станція, котел, непроектне вугілля, каталізатор горіння, бінарна вугільна суміш, механічний недопал.

АННОТАЦИЯ

Капустянський А.А. Повышение энерго-экологической эффективности котельных установок при сжигании непроектных видов топлива. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.06 – техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика – НТУУ «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2018.

Диссертация посвящена исследованию влияния вида, качества и режимов сжигания непроектного угля на показатели надежности и экономичности работы энергетических котлов ТЭС и ТЭЦ с разработкой соответствующих мер для обеспечения их оптимальной работы.

Проанализированы характерные показатели деятельности, состояние и перспективы угольной теплоэнергетики Украины. Рассмотрены вопросы диверсификации источников поставки угля в контексте энергетической безопасности. Исследованы изменения в структуре топливопотребления тепловыми электростанциями в результате потери контроля над частью территории Украины. Обосновано, что на среднесрочную перспективу приоритетной для развития теплоэнергетики Украины является модернизация пылеугольных энергетических котлов на основе внедрения современных технологий сжигания с продлением ресурса их работы, улучшением энерго-экологических показателей, характеристик маневренности и расширением топливной базы за счет непроектного угля.

На основе натурных испытаний и аналитических расчетов разработан метод оценки ущерба нанесенного электростанции из-за ухудшения теплотехнических характеристик топлива и, как следствие, повышение тепловых потерь с уходящими газами, механическим недожогом и возрастанием перерасхода топлива. Введено понятие коэффициента энергетического потенциала угля и исследованы его зависимость от качества НТП.

Проведенные исследования влияния динамики переходных процессов (длительности и количества сжигания природного газа, изменения тепловой нагрузки котла, изменения режимных показателей работы котельного оборудования) и теплотехнических характеристик угля на содержание горючих в золе уноса. Получены аналитические зависимости влияния вышеуказанных показателей, которые можно использовать на практике для оперативного прогнозирования ожидаемого значения механического недожога.

На основе проведенных экспериментов доказано, что подача катализатора в котел, путем его введения в тракт первичного воздуха, существенно влияет с положительным эффектом на параметры топочного процесса при сжигании угля марок Т и АШ во всем диапазоне рабочих нагрузок.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили выполненный путем моделирования позонный тепловой расчет топки антрацитового котла ТП-15, позволив безопасно сжигать бинарную смесь угля АШ и Т с пониженной подсветкой природным газом $\sim 1750 \text{ нм}^3/\text{ч}$ (60% от значения при сжигании исключительно АШ), а также смесь угля марок Т с летучей золой антрацита без ухудшения качественных показателей работы котлоагрегата при сохранении условий жидкого шлакоудаления.

Опытным путем доказано, что котлы ТПП-210А способны безопасно сжигать смесь угля Т и ЮАР и 100% уголь ЮАР без конструктивных доработок систем пылеприготовления и газовой подсветки факела во всем диапазоне рабочих нагрузок.

Полученные результаты доказали наличие положительного синергетического эффекта в процессах сжигания бинарных угольных смесей.

На основе линейного программирования разработана новая методика определения экономичности работы котлов путем составления и расчетов расширенных энергетических матриц.

Предложены новые способы интенсификации процесса сжигания НТП и перевода антрацитовых котлов на сжигание углей газовой группы.

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, котел, непроектный уголь, катализатор горения, бинарная угольная смесь, механический недожог.

SUMMARY

Капустянский А.О. Increase of energy-ecological efficiency of boiler units during combustion of non-projected fuels. – Manuscript.

The thesis for the obtaining a scientific degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.14.06 – technical thermal physics and industrial thermal engineering. – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, 2018.

The thesis is devoted to the study of the influence of the type, quality and regimes of combustion of non-projected coal on the reliability and economic performance of power boilers in TPPs (thermal power plants) and CHPs (combined heat and power plants), while at the same time developing of appropriate measures to ensure their optimum operating conditions (optimal outputs).

The new methodology for estimating damage done to power plant caused by the deterioration of the fuel characteristics was developed. The concept of the ratio of coal power-generation capacity was introduced and its dependence on the quality of the NSF (non-projected solid fuel) was investigated. The influence of the dynamics of transitional processes and coal properties on the maintenance of combustible materials in the ash of drainage is studied. It has been experimentally proved that the catalyst feed to the boiler significantly influences the positive effect on coal burning characteristics of grades lean coal (L) and anthracite coal (A) grades in the entire range of workloads. The research was carried out on boilers TP-15 and TPP-210A, which allowed to safely burn a binary mixture of coal mixtures A and L, L and fly ash A, coal L and South Africa coal without decreasing of the quality performance of boiler units. On the basis of linear programming, a new method for determining the efficiency of boiler operation has been developed by compiling and calculating expanded energy matrices. New ways of intensifying the process of combustion and conversion of coal-fired boilers for combustion NSF are proposed.

Key words: thermal power station, boiler, non-project (low ranke) coal, combustion catalyst, binary coal mix, mechanical incomplete combustion.