

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ „ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

ЮРАСОВА Оксана Георгіївна



УДК 621.182.2

**АНАЛІЗ РОБОТИ КОТЛІВ ТПП-210А, ТПП-312А
ЕНЕРГОБЛОКІВ 300 МВт ПРИ СПАЛЮВАННІ
НЕПРОЕКТНИХ ВИДІВ ПАЛИВА**

Спеціальність 05.14.06 – технічна теплофізика
та промислова теплоенергетика

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному університеті „Львівська політехніка” Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Мисак Йосиф Степанович

завідувач кафедри теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій Національного університету „Львівська політехніка”, заслужений діяч науки і техніки України;

доктор технічних наук, професор

Семерак Михайло Михайлович

завідувач кафедри теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій Національного університету „Львівська політехніка”, заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Дешко Валерій Іванович

завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Провалов Олексій Юрійович

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України.

Захист відбудеться «17» грудня 2020 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.04 у Національному університеті „Львівська політехніка” за адресою: 79013, м. Львів – 13, вул. Устияновича, 5, корпус 10, ауд. 51.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Національного університету „Львівська політехніка” за адресою: 790013, м. Львів – 13, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «11» листопада 2020 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент

Ю.З. Вашкурак

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Враховуючи ситуацію, що склалася на вугільному ринку України у 2014 році, коли всі шахти на Донбасі, добуваючі вугілля антрацитної групи, виявилися на тимчасово неконтрольованій території, одним з головних антикризових заходів стало переведення енергоблоків ТЕС ПАТ «Центренерго», які використовують вугілля антрацитної групи, на спалювання непроєктних видів палива газової групи. Відповідно до Указу Президента України № 37/2017 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 16 лютого 2017 року «Про невідкладні заходи з нейтралізації загроз енергетичній безпеці України та посилення захисту критичної інфраструктури», на виконання графіку ремонту основного обладнання теплових електростанцій (Додаток №2 до наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №622 від 25.09.2017 р. «Про підготовку обладнання електростанцій і теплових мереж до надійної та ефективної роботи у 2018 р. та осінньо-зимовий період 2018/2019 року»), та беручи до уваги позитивний досвід технічного переоснащення енергоблоку ст. №4 Трипільської ТЕС з переведенням на спалювання вітчизняного газового вугілля, виникла необхідність у виконанні заходів з переведення пилувугільного енергоблоку 300 МВт ст. №3 Трипільської ТЕС та ст. №3 Вуглегірської ТЕС на використання непроєктного палива.

Тому, дана робота передбачає, в тому числі з урахуванням досвіду технічного переоснащення енергоблоку ст. №4, проведення теплових випробувань котла ТПП-210А ст. №3 Трипільської ТЕС під час роботи на вугіллі марок «Г», «ДГ» в експлуатаційному діапазоні навантажень, розроблення режимної карти та отримання даних для подальшого коригування показників нормативної характеристики роботи котла, а також проведення режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А ст. № 3 Вуглегірської ТЕС в експлуатаційному діапазоні навантажень і коригування режимних карт роботи котла та пилосистем під час переведення його на спалювання твердого палива, яке відрізняється від проектного загальними та специфічними властивостями.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є складовою частиною науково-дослідних робіт, які виконуються у відповідності з основними напрямками наукової діяльності кафедри теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій Національного університету „Львівська політехніка”.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є аналіз роботи котлів ТПП-210А, ТПП-312А енергоблоків 300 МВт під час спалювання непроєктних видів палива, а також коригування режимних карт на підставі результатів випробувань.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі завдання:

- провести теплові випробування котла ТПП-210А під час роботи на вугіллі марок «Г», «ДГ» в експлуатаційному діапазоні навантажень;
- визначити режимні і економічні характеристики котла ТПП-210А: коефіцієнта корисної дії бруто, складових теплових втрат, витрат електроенергії на власні потреби котла, аеродинамічних і температурних характеристик

газоповітряного тракту, температурних характеристик пароводяного тракту в робочому діапазоні навантажень блока;

- розробити режимну карту та отримати дані для подальшого коригування показників нормативної характеристики роботи котла ТПП-210А;

- визначити поправки для складання нормативної енергетичної характеристики котла ТПП-210А;

- провести режимно-налагоджувальні випробування котла ТПП-312А в експлуатаційному діапазоні навантажень під час переведення його на спалювання твердого палива, яке відрізняється від проектного загальними та специфічними властивостями;

- визначити залежність впливу паропродуктивності на режимні та економічні показники роботи котла ТПП-312А;

- внести корективи в режимну карту котла ТПП-312А і пилосистеми.

Об'єкт дослідження – котлоагрегат ТПП-210А, ТПП-312А і допоміжне обладнання блоку 300 МВт; процеси спалювання непроекtnих видів палива.

Предмет дослідження – сукупність технічних рішень для переведення котлів ТПП-210А, ТПП-312А на спалювання непроекtnих видів палива.

Методи дослідження. Використано стандартизовані методи проведення теплових випробувань котла ТПП-210А ст. №3 Трипільської ТЕС з метою отримання даних для складання енергетичних характеристик, а також стандартизовані методи проведення режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А ст. №3 Вуглегірської ТЕС в експлуатаційному діапазоні навантажень і коригування режимних карт роботи котла та пилосистем. Використано сучасні програмні середовища та обчислювальні методи обробки і узагальнення результатів на основі комп'ютерних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі проведених досліджень доведено перспективність залучення до сировинної бази існуючих котлоагрегатів непроекtnого вугілля.

Вперше встановлено вплив режимних факторів на роботу котла ТПП-210А під час спалювання непроекtnого палива, таких як: частка природного газу на підсвічування пилувугільного факела, характеристики твердого палива (A^p , W^p), температура повітря до повітропідігрівника, надлишок повітря.

Запропоновані схемні рішення котла ТПП-210А під час спалювання непроекtnого палива.

Вперше розрахунковим шляхом були визначені поправочні коефіцієнти з використанням програми теплогідравлічного розрахунку котла “Trakt” до температури відхідних газів під час спалювання непроекtnого палива при зміні: температури повітря перед рециркуляцією гарячого повітря; присмоктів повітря в паливню; присмоктів повітря на ділянці „режимний переріз – остання поверхня нагріву (ОПН)”; присмоктів повітря в ОПН; присмоктів повітря на ділянці „ОПН – ДС”; вологи сирого вугілля (відношення вологи палива до горючої маси); зольності сирого вугілля (відношення зольності палива до горючої маси).

Встановлено залежності впливу паропродуктивності котла ТПП-312А на режимні, та економічні показники роботи котла під час спалювання непроектного палива.

Вперше встановлено залежність оптимального коефіцієнта надлишку повітря від паропродуктивності котла ТПП-312А під час спалювання непроектного палива.

Практичне значення отриманих результатів полягає в реалізації досліджень. На основі результатів проведених теплових випробувань котла ТПП-210А ст. №3 Трипільської ТЕС в експлуатаційному діапазоні навантажень під час роботи на вугіллі марок «Г», «ДГ» складено проект нормативної характеристики корпусів котла під час роботи котла у двокорпусному та однокорпусному режимах.

Визначено експериментальним шляхом режимні показники роботи котла ТПП-210А, економічні показники роботи котла, екологічні показники, витрати електроенергії на тягу, дуття та пилоприготування, поправки до температури відхідних газів при умові $Q_k^{bp} = \text{const}$ від зміни температури повітря перед рециркуляцією гарячого повітря (t'_{rc}) при $\Delta t_{rc} = \text{const}$, надлишку повітря в режимному перерізі (α_{rp}), частки підсвічування природним газом ($q_{пр.газу}$), поправки до витрати електроенергії від зміни надлишку повітря (α_{rp}).

Встановлено, що при оптимальному надлишку повітря вміст оксиду вуглецю у відхідних газах не перевищував 150 ppm, що приводить відповідно до втрати тепла с хімічним недопалом не більше ніж 0,081 %.

За результатами проведених випробувань складена режимна карта роботи котла ТПП-210А ст. №3 у двокорпусному режимі під час спалювання твердого палива та отримано дані для подальшого коригування показників нормативної характеристики роботи котла

На основі результатів проведених режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А ст. №3 Вуглегірської ТЕС в експлуатаційному діапазоні навантажень під час переведення його на спалювання твердого палива, яке відрізняється від проектного загальними та специфічними властивостями, розроблений проект нормативної характеристики роботи котла та визначено режим роботи пилосистеми котла.

Встановлено величини присмоктів повітря в окремі елементи та газовий тракт котла ТПП-312А у цілому. Присмокти повітря в топку котла, приведені до номінального навантаження, становлять 5 %, що відповідає вимогам.

Встановлено, що у діапазоні навантажень котла 65-100 % від номінального (навантаження блока 196-297 МВт) під час спалювання твердого палива без підсвічування природним газом забезпечується стабільна довготривала робота котла з номінальними параметрами і задовільним виходом рідкої жужелі.

Складена режимна карта роботи котла ТПП-312А і пилосистеми та приведені пропозиції щодо підвищення економічності і надійності роботи котла.

Впровадження результатів роботи. Матеріали наукових досліджень впроваджено на Трипільській ТЕС, ТОВ «СПЕЦТЕРМОМОНТАЖ-ЕНЕРГО» та в

навчальний процес кафедри теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій Національного університету „Львівська політехніка”.

Ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, сформульованих у роботі. Наукові положення дисертаційної роботи, результати досліджень, висновки та рекомендації мають достатню обґрунтованість та достовірність. Вони забезпечуються коректністю і відповідністю розроблених наукових положень отриманим результатам експериментальних досліджень. Одержані результати не суперечать основним положенням науки, а також підтверджуються апробацією і практичною реалізацією. Вони базуються на значній кількості експериментальних даних, зібраних в результаті проведення комплексних досліджень. Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасних методів проведення випробувань котлів енергоблоку 300 МВт ТЕС з метою отримання даних для складання енергетичних характеристик.

Особистий внесок здобувача вказаний для кожної публікації окремо в списку публікацій.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертаційної роботи та її окремі розділи і результати обговорювалися на:

- X Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасний рух науки» (м. Дніпро, 2020);
- IV Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні наукові інновації» (м. Київ, 2020);
- International scientific and practical conference «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience» (Republic of Poland, Wloclawek, 2019);
- Proceedings of the 8th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus" (Lviv, 2018);
- XI Міжнародній науково-практичній конференції «Угольная теплоэнергетика : проблемы реабилитации и развития» (м. Київ, 2015);
- VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні» (м. Львів, 2015);
- X Міжнародній науково-практичній конференції «Угольная теплоэнергетика : проблемы реабилитации и развития» (м. Київ, 2014).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 19 наукових праць, з них 7 – у фахових виданнях, 7 – у матеріалах і тезах доповідей науково-практичних конференцій і 5 – у патентах на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, семи додатків. Зміст роботи викладено на 174 сторінках, в тому числі 40 рисунках, 19 таблицях.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано доцільність і актуальність проблеми, визначено мету роботи, наукову новизну та її практичну цінність.

В першому розділі виконано огляд проблеми щодо використання непроектного палива на ТЕС. Проведено аналіз устаткування та основних проектних параметрів роботи корпусу котла ТПП-210А. Визначено обсяг технічного переоснащення котла ТПП-210А, концепція якого полягала в організації спалення в котлоагрегаті вугілля марок «Г» та «ДГ» та їх суміші замість проектної марки вугілля «АШ» (антрацитовий штиб), що потребувала внесення змін в системи та обладнання, зокрема – пилосистеми, пилоподачу та пальникову групу паливни при максимальному збереженні існуючого обладнання та безпечної експлуатації котельної установки. Приведено основні технічні рішення по окремих системах. Приведено аналіз технічної характеристики обладнання котла ТПП-312А.

У другому розділі наведена методика і умови проведення теплових випробувань котла ТПП-210А під час роботи на вугіллі марок «Г», «ДГ» в експлуатаційному діапазоні навантажень та режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А в експлуатаційному діапазоні навантажень під час переведення його на спалювання твердого палива, яке відрізняється від проектного загальними та специфічними властивостями.

Теплові випробування прямоотокового котла ТПП-210А ст.№3 були проведені згідно із загальноприйнятою методикою та програмами, затвердженими Трипільською ТЕС. Всі досліді проводились у двокорпусному та однокорпусному (в роботі корпус А) режимах. Досліді по визначенню оптимального надлишку повітря та поправок на зміну режимних параметрів проводились на корпусах «А» та «Б», результати яких були перенесені на котел в цілому. Для фіксації параметрів роботи котла використовувалася система штатного вимірювального контролю та заново встановлена система контролю і керування тепловими процесами (СКК ТП).

Під час проведення випробувань обсяг вимірювань охоплював усі величини, необхідні для отримання необхідних залежностей і характеристик режиму роботи устаткування (рис. 1). До заміряних витрат живильної води, природного газу введені поправки на відхилення температури і тиску від розрахункових параметрів витратомірних пристроїв. Витрата перегрітої пари прийнята за показами корпусної витрати живильної води. Значення температури зовнішнього повітря та барометричного тиску визначали загальностанційними приладами. Витрата твердого палива на котел визначалась за зворотнім балансом.

Відбір проб димових газів на аналіз проводили за допомогою неохолоджувальних газозабірних трубок. Вміст O_2 , CO , SO_2 , NO_x в димових газах визначали каліброваним (повіренім) газоаналізатором «СИНТЕЗ».

Проведено аналіз режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А. В обсяг режимно-налагоджувальних випробувань котла входили підготовчі роботи і режимно-налагоджувальні досліді. Режимно-налагоджувальні досліді включали визначення присмоктів повітря в паливню і газовий тракт котла, визначення оптимальної величини коефіцієнту надлишку повітря в режимному перетині, характеристики роботи пароводяного та газоповітряного трактів котла

(рис. 2), а також досліди з визначення оптимальних значень режимних параметрів, теплових втрат і ККД котла бурто.

Вимірювання основних параметрів роботи котла ТПП-312А проводились за допомогою приладів штатного контролю. Температури, тиски, витрати, електрична потужність турбогенератора, температури по газоповітряному тракту котла вимірювались приладами штатного контролю. Димові гази для газового аналізу відбирались з перерізу газоходу перед водяним економайзером (режимний переріз) і за димосмоками (балансовий переріз) і виконувались протарованим газоаналізатором TESTO-340.

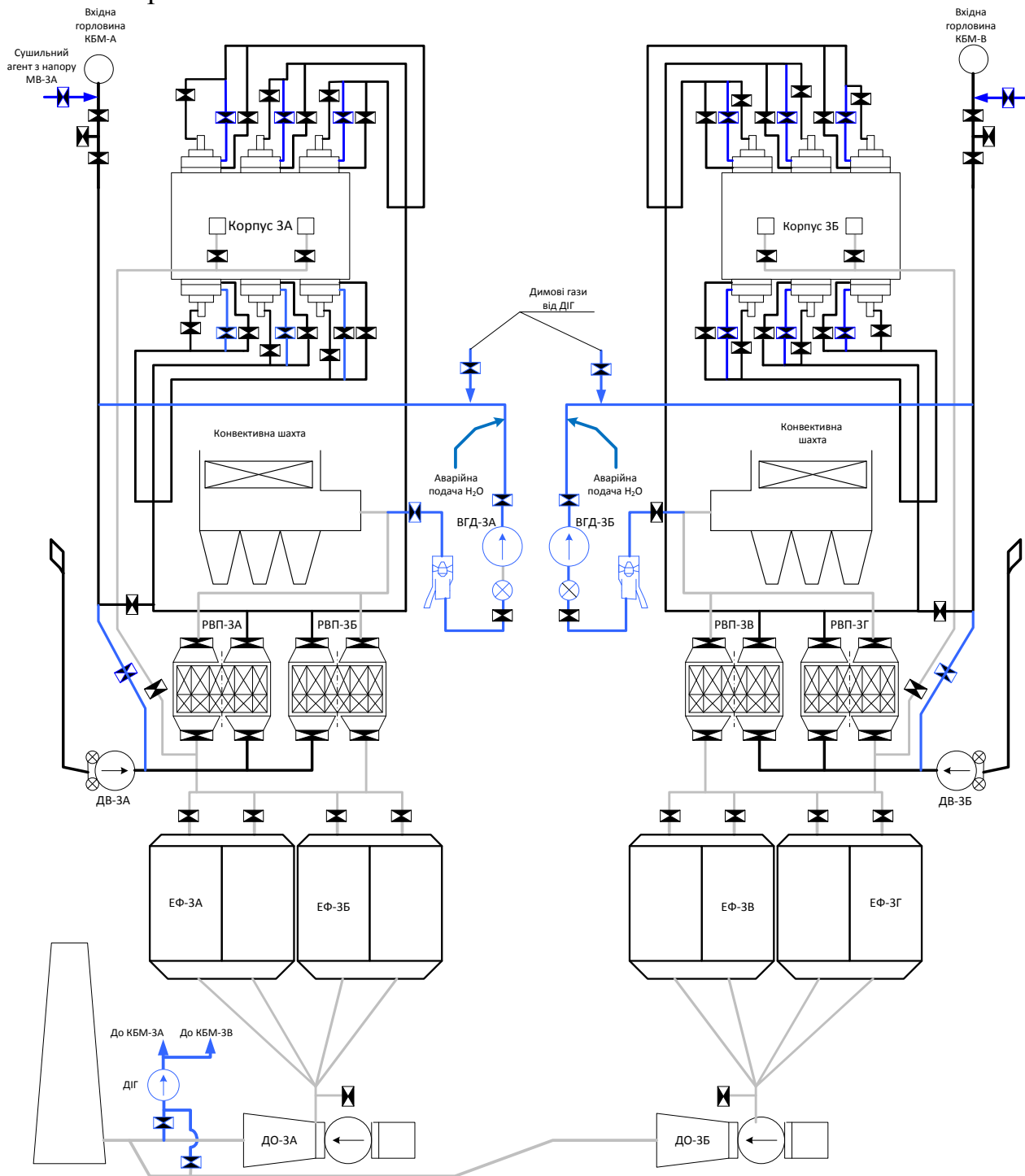
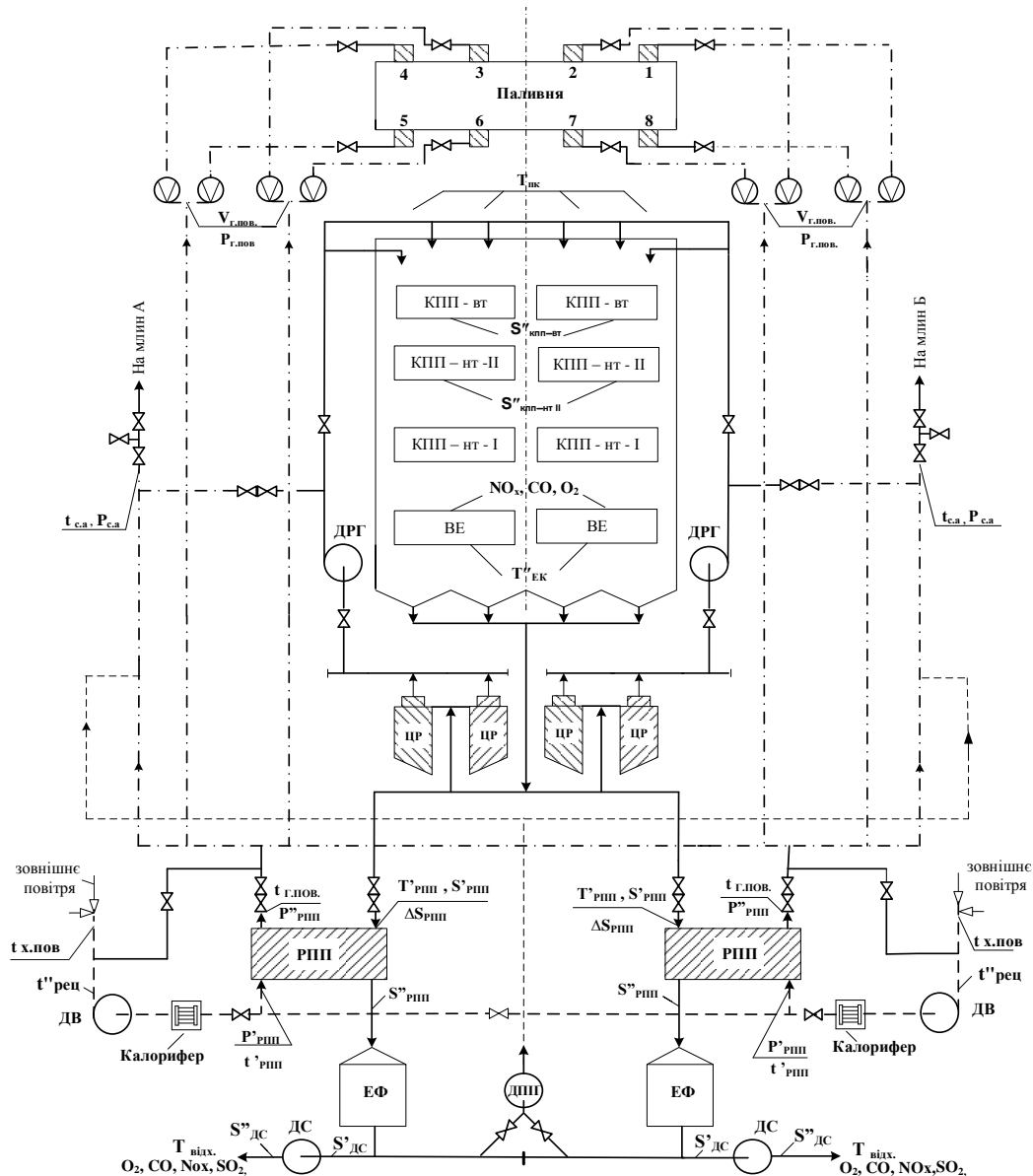


Рис. 1. Схема вимірювань по газоповітряного тракту котла ТПП-210А



Умовні позначення: $T_{ПК}$ – температура газів в поворотній камері; $T_{ЕК}$ – температура газів за вод. економайзером; $T_{РПП}$ – температура газів за РПП; $T_{відх.}$ – температура відхідних газів; $t_{х.пов.}$ – температура холодного повітря; $t'_{рпц.}$ – температура повітря до РПП; $t_{г.пов.}$ – температура гарячого повітря; $t_{с.а.}$ – температура сушильного агента; $P''_{рпц.}$ – тиск повітря після РПП; $\Delta S_{рпц.}$ – опір РПП; $P_{г.пов.}$ – тиск гарячого повітря; $P_{с.а.}$ – тиск сушильного агента; $S''_{пал.}$ – розрідження на виході з паливни; $S''_{кпп-вт}$ – розрідження в газоході за КППвт; $S''_{кпп-нт II ст.}$ – розрідження в газоході за КППнт II ст.; $S''_{кпп-нт I ст.}$ – розрідження в газоході за КППнт I ст.; $S''_{екоп.}$ – розрідження газів за економайзером; $S''_{рпц.}$ – розрідження газів за РПП; $V_{г.пов.}$ – витрата гарячого повітря; $V_{с.а.}$ – витрата сушильного агента; O_2, CO, NO_x, SO_2 – вміст на виході з паливни; O_2, CO, NO_x, SO_2 – вміст у відхідних газах.

Рис. 2. Схема вимірювань по газоповітряному тракту котла ТПП-312А

Для визначення присмоктів повітря по ділянках газового тракту додатково виконували газовий аналіз в перерізах за регенеративними повітропідігрівниками. Відбори проб твердого палива для визначення зольності, вологості і калорійності проводили з живильників сирого вугілля. Проби пилу для визначення тонини помелу і вологості відбирали з протічок пилу під циклонами. Проби золи для визначення горючих (мехнедопалу) відбирали з димових газів за допомогою штатних виносних установок з газоходу перед водяним економайзером. Витрата твердого палива на котел визначалась шляхом зворотного балансу.

В третьому розділі наведено аналіз результатів теплових випробувань котла ТПП-210А.

Теплові випробування котла проводились згідно з розробленою та затвердженою робочою програмою (додаток Б). За період проведення випробувань в паливнях котла спалювалось газове вугілля Г(ДГ) з такими характеристиками: нижчою теплотою згоряння на робочу масу ($Q_{н}^p$) від 5237 ккал/кг до 5729 ккал/кг; вологою на робочу масу (W^p) від 8,0% до 9,3 %; зольністю на робочу масу (A^p) від 19,9% до 24,8 %, сіркою на робочу масу S^p від 1,29% до 1,36%, виходом летких (V^{daf}) від 37,1% до 39,3%.

Режимні випробування проводились на корпусах А та Б під час роботи котла у двокорпусному режимі. Досліди по визначенню оптимального надлишку повітря проводились в діапазоні навантажень від 340,0т/год/340,0т/год до 432,0 т/год/430,0 т/год (відповідно корпус А/корпус Б). Оптимальні надлишки повітря в РП визначались з умов забезпечення стійкості горіння в паливні, номінального рівня температури промперегріву (максимально відкритий трьохходовий регулювальний клапан промперегріву низького тиску (РПП НТ)), задовільного виходу рідкої жужелі та відсутності продуктів неповного згорання у відхідних газах.

Експериментально визначено поправки до температури відхідних газів під час зміни коефіцієнта надлишку повітря, нагріву холодного повітря з приміщення котельні, частки природного газу на підсвічування пиловугільного факелу в паливні. Решта поправочних коефіцієнтів до температури відхідних газів, а також до присмоктів повітря в паливню; присмоктів повітря на ділянці „РП – ОПН” ($\Delta\alpha_{рп-опн}$); присмоктів повітря в ОПН ($\Delta\alpha_{опн}$); присмоктів повітря на ділянці „ОПН – ДС” ($\Delta\alpha_{опн-дс}$); зміни відношення вологи сирого вугілля до горючої маси; зміни зольності сирого вугілля до горючої маси визначені розрахунковим методом з використанням програми теплогідравлічного розрахунку котлів “Trakt”.

Результати отриманих поправок до проекту нормативної енергетичної характеристики роботи котла ТПП-210А ст. №3 на температуру відхідних газів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Поправочні коефіцієнти до температури відхідних газів на зміну технічної характеристики палива і режимних параметрів роботи котла ТПП-210А

Найменування і величина змінюваної нормативної умови	Числове значення поправки, °С			
	Теплопродуктивність котла, Гкал/год			
	218,0	247,7	276,7	295,1
Зміна відношення вологи до вмісту горючих сирого вугілля $\Delta W^p = \pm 10\%$	$\pm 4,04$	$\pm 4,43$	$\pm 4,82$	$\pm 5,06$
Зміна відхилення відношення зольності до вмісту горючих сирого вугілля $\Delta A^p = \pm 10\%$	$\pm 0,19$	$\pm 0,41$	$\pm 0,62$	$\pm 0,76$
Зміна температури холодного повітря перед врізкою рециркуляції ($\Delta t_{реци} = const$), $\Delta t_{х.пов.} = \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0,5722$			
Зміна частки природного газу в суміші по теплу, $\Delta q_{гр} = \pm 10\%$	$\pm 5,60$			
Зміна присмоктів в паливню, $\Delta\alpha_{пал.} = \pm 10\%$	$\pm 1,89$	$\pm 2,00$	$\pm 2,06$	$\pm 2,07$
Зміна присмоктів в газоходи на ділянці РП – до РПП, $\Delta\alpha_{рс-рпп} = \pm 1\%$	$\pm 0,16$	$\pm 0,104$	$\pm 0,091$	$\pm 0,083$
Зміна присмоктів в РПП, $\Delta\alpha_{рпп} = \pm 1\%$	$\bar{0},5$	$\bar{1},1$	$\bar{4},1$	$\bar{5},9$
Зміна присмоктів в ЕФ, $\Delta\alpha_{рпп} = \pm 1\%$	$\bar{0},12$	$\bar{0},22$	$\bar{0},41$	$\bar{0},59$
Зміна коефіцієнту надлишку повітря в РП, $\Delta\alpha_{рп} = \pm 1\%$	$\pm 0,22$	$\pm 0,49$	$\pm 0,99$	$\pm 1,48$

Були проведені балансові дослідження під час роботи енергоблока з одним та двома корпусами під час спалювання твердого палива Г(ДГ) згідно з узгодженою робочою програмою.

Під час спалювання твердого палива приведені втрати тепла з відхідними газами при максимальному навантаженні 100 % від номінального становлять відповідно: 10,42%/8,79% (корпуси А/Б при двокорпусному режимі роботи та корпус А при однокорпусному режимі (86% від номінального) - 9,13 %; коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах 1,62/1,63/1,74.

Приведені до нормативних значень вологості і зольності твердого палива, температури зовнішнього повітря 23,2 °С, температури повітря перед рециркуляцією гарячого повітря 26,3 °С, температури повітря до РПП 30 °С (нагрів повітря в ДВ, рециркуляція гарячого повітря – відключена), нормативних значень присмоктів повітря в паливну і пилосистему, температура відхідних газів становитиме 178,2°С/172,2°С/171,9°С.

Зі зменшенням навантаження до 94 % від номінального або $Q_{к}^{бр} = 290,7$ Гкал/год/287,5 Гкал/год (відповідно корпуси А/Б при двокорпусному режимі роботи) і 80% від номінального або 264,2 Гкал/год, (корпус А при однокорпусному режимі) втрати тепла з відхідними газами становлять 9,53%/8,99%/9,62 % при надлишку повітря у відхідних газах 1,67/1,67/1,69. При цьому температура відхідних газів 178,8°С/173,0°С/177,9°С.

При навантаженні 90 % від номінального ($Q_{к}^{бр} = 277,9$ Гкал/год/278,4 Гкал/год) втрати тепла з відхідними газами під час роботи котла у двокорпусному режимі становили 9,19%/9,37% (А/Б) та 70 % від номінального під час роботи в однокорпусному режимі – 9,04%. При цьому надлишок повітря у відхідних газах відповідно були 1,69/1,68/1,69.

Втрати тепла з хімічнодопалом при оптимальних надлишках повітря практично відсутні (вміст СО в режимному перетині не перевищував 150 ppm). Втрати тепла в навколишнє середовище при навантаженні котла 100 % від номінального становлять 0,35 %.

Втрати тепла з фізичним теплом жужелі становлять 0,31%/0,31%. Приведений ККД котла бруто становить 86,89%/88,18%/87,91%. Під час пониження навантаження котла до 67 % від номінального, ККД корпусів котла бруто становить 85,74%/87,07% (відповідно корпуси А/Б при двокорпусному режимі роботи).

На рис. 3 представлено залежність розрідження димових газів перед ДС, температури димових газів за ЕФ, спожитої потужності електродвигунами ДС-А, ДС-Б від витрати димових газів на вході в ДС.

На рис. 4 зображена залежність приведеної концентрації оксидів азоту та двоокису сірки у відхідних газах (при $\alpha_{пр.}=1,4$) від теплопродуктивності корпусів котла.

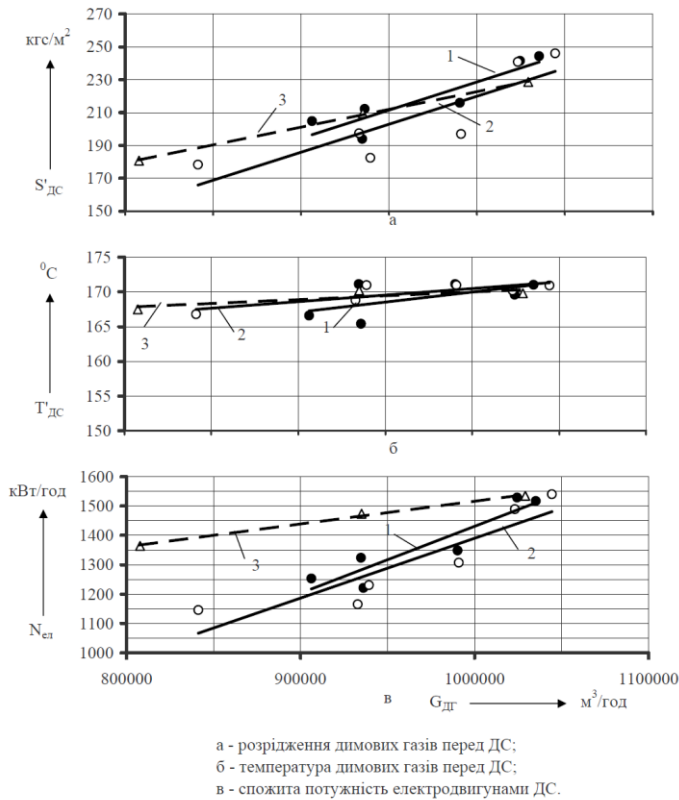


Рис. 3. Залежність режимних параметрів роботи ДС у двокорпусному (1 - корпус А, 2 - корпус Б) та однокорпусному (3 - корпус А) режимах від витрати димових газів на вході в ДС

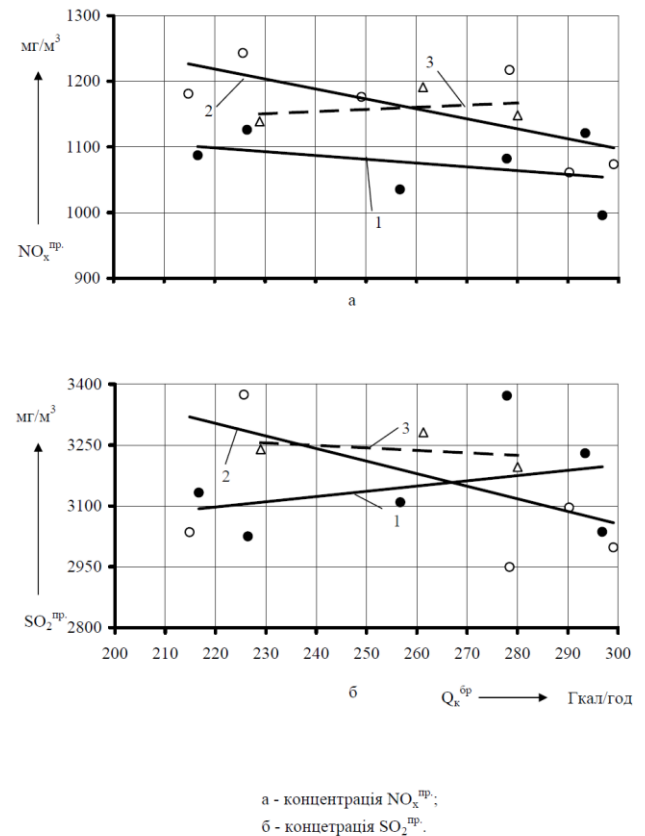


Рис. 4. Залежність приведеної концентрації оксидів азоту та двоокису сірки у відхідних газах котла ТПП-210А у двокорпусному (1 - корпус А, 2 - корпус Б) та однокорпусному (3 - корпус А) режимах від їх теплопродуктивності

Температурна характеристика пароводяного тракту наведена на рис. 5 та 6. Під час дослідів температура свіжої пари і пари гарячого промперегріву за котлом підтримувалась на рівні 543-548 °С в усьому діапазоні навантажень.

Температура живильної води змінювалась від 255 °С до 270 °С у діапазоні навантаження корпусів котла від 318 т/год до 475 т/год у двокорпусному режимі роботи та від 198 °С до 220 °С у діапазоні навантаження корпусу котла від 327 т/год до 404 т/год в однокорпусному режимі.

На основі результатів проведених теплових випробувань складено проект нормативної енергетичної характеристики корпусів котла під час роботи котла у двокорпусному та однокорпусному режимах. Присмокти на ділянках: „паливня – РП”, від „РП – до РПП”, „до РПП – за РПП” та „за РПП – за ДС” становлять на номінальному навантаженні 13,0 %, 15 %, 24 % і 10 % відповідно. Присмокти в пилосистеми А і В –25% та 27% відповідно.

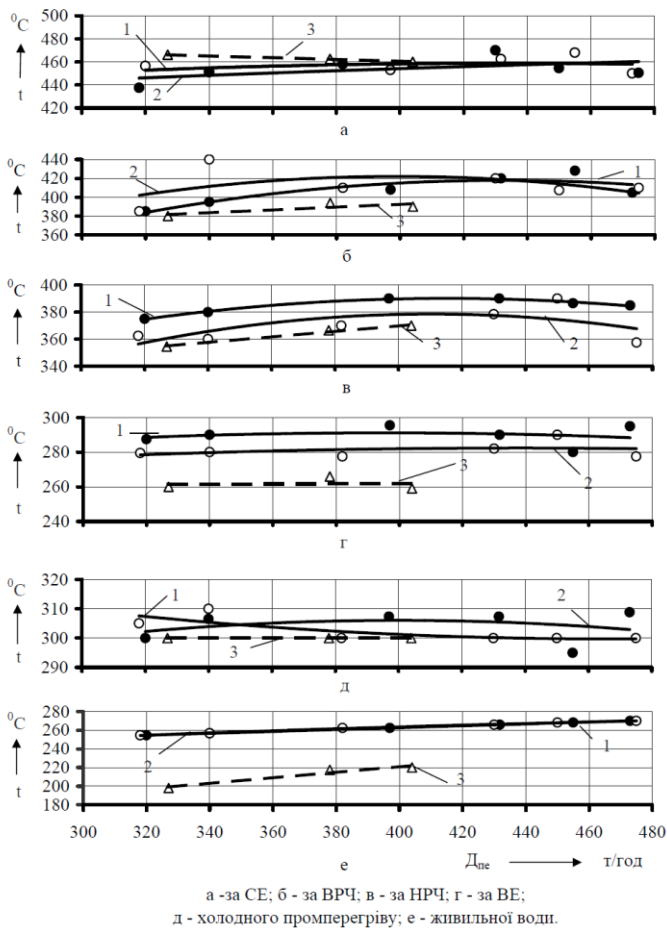


Рис. 5. Залежність температур по пароводяному тракту котла ТПП-210А у двокорпусному (1 - корпус А, 2 - корпус Б) та однокорпусному (3 - корпус А) режимах від їх паропроодуктивності

Оптимальні надлишки повітря в режимному перерізі визначались з умов забезпечення стійкості горіння в паливні, номінальної температури перегрітої пари та промперегріву (максимально відкритий трьохходовий регулювальний клапан РПП НД), повного згорання (мінімальних, не вище 150 ppm значеннях продуктів неповного згорання (СО) у відхідних газах) та задовільного виходу рідкої жужелі. Коефіцієнт надлишку повітря вимірювався в РП, який знаходився між КПП ВТ та КПП НТ II ст. Вміст горючих у виносі золи та жужелі прийнятий середнім за досліди та дорівнює 8,3% і 0,5 % відповідно. Кульове завантаження млинів по 90 т. Середня витрата електроенергії на роботу ВГД-А, ВГД-Б становила 113 кВт. Графічні залежності нормативних показників економічності представлені на рис. 7.

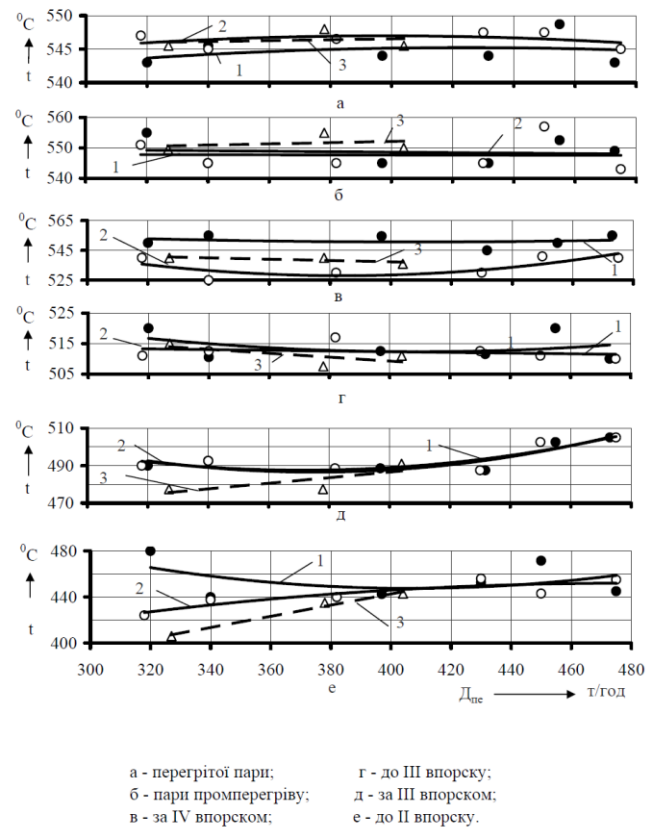


Рис. 6. Залежність температур по пароводяному тракту котла у двокорпусному (1 - корпус А, 2 - корпус Б) та однокорпусному (3 - корпус А) режимах від їх паропроодуктивності

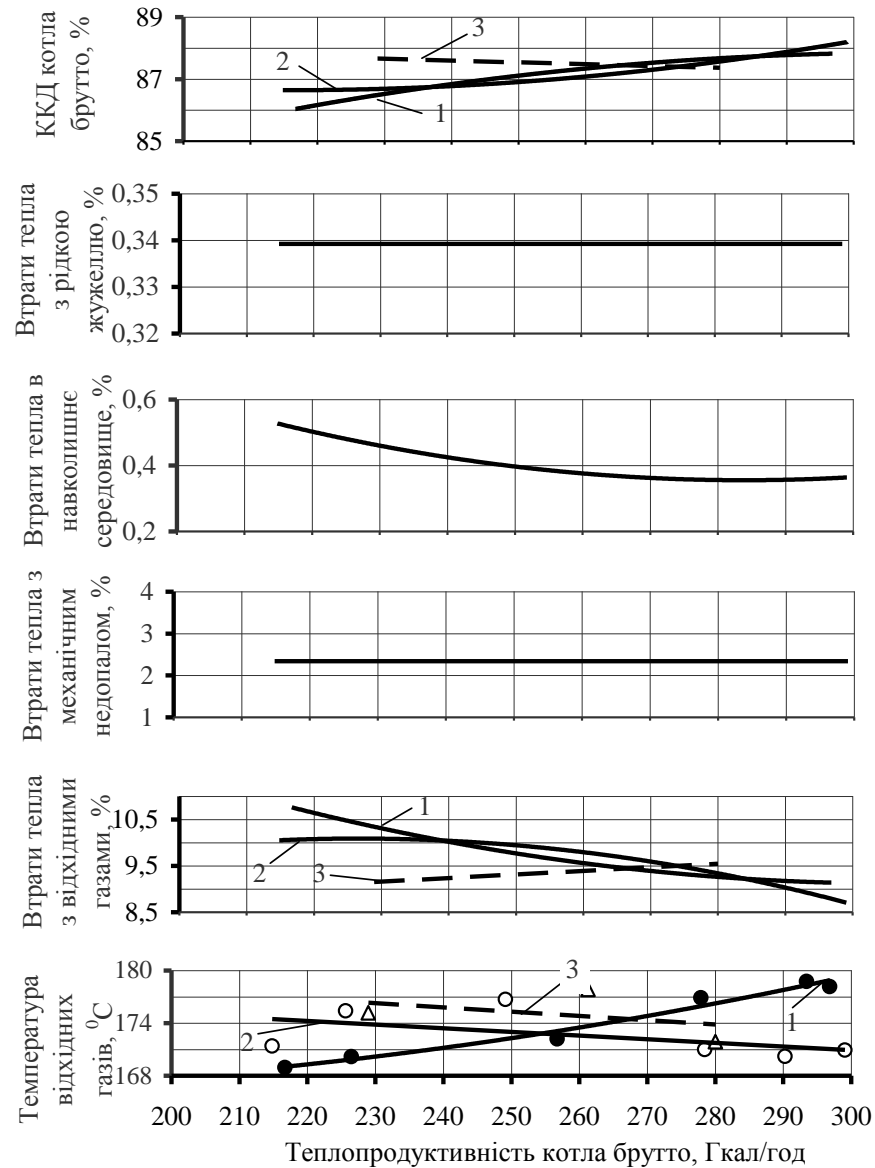
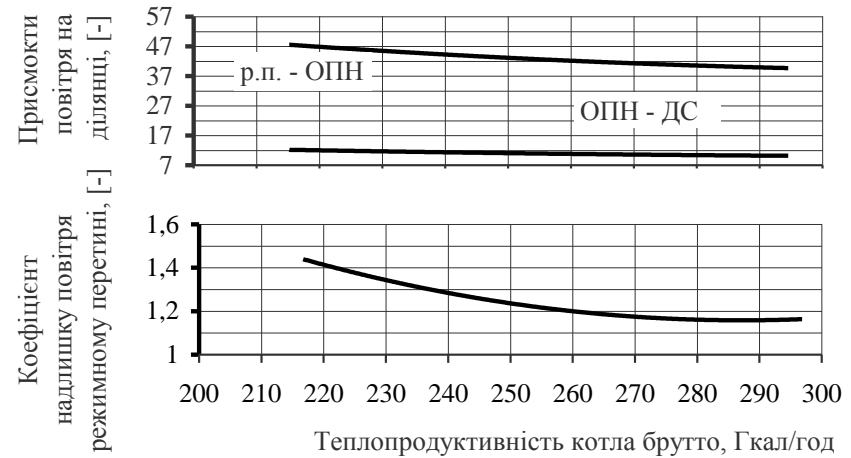


Рис. 7. Проект нормативної характеристики корпусів котла ТПП-210А під час роботи у двокорпусному (1 - корпус А, 2 - корпус Б) та однокорпусному (3 - корпус А) режимах



Умови побудови нормативної характеристики:

1 Характеристика палива:

а) тверде паливо: вугілля калорійністю на робочу масу нижча $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 5304$ ккал/кг; калорійністю на горючу масу $Q_{\text{н}}^{\text{г}} = 7744$ ккал/кг; зольністю на робочу масу $A^{\text{р}} = 22,9$ %; вологістю на робочу масу $W^{\text{р}} = 8,6$ %.

2 Температура повітря $t_{\text{з.пов.}} = 23$ °C; температура повітря до РПП $t_{\text{рпп}}^{\text{р}} = 30$ °C;

температура повітря до ДВ $t_{\text{дв}}^{\text{р}} = 26,3$ °C.

3 Температура живильної води згідно з рисунком 3.13.

4 Втрати тепла від хімічної неповноти згоряння відсутні.

5 Вміст горючих у виносі золи та жужелі: двокорпусний режим - $\Gamma_{\text{вин.}} = 8,3$ %, $\Gamma_{\text{жуж.}} = 0,5$ %;

однокорпусний режим - $\Gamma_{\text{вин.}} = 8,3$ %, $\Gamma_{\text{жуж.}} = 0,5$ %.

6 Поправки дані при теплопродуктивності котла $Q_{\text{к}}^{\text{бр}} = 299,1$ Гкал/год (100 % ном. навантаження):

а) при зміні відношення вологості до вмісту горючих сирого вугілля $\Delta W^{\text{р}} = \pm 10$ %; $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \pm 5,06$ °C;

б) при зміні відношення зольності до вмісту горючих сирого вугілля $\Delta A^{\text{р}} = \pm 10$ %, $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \pm 0,76$ °C;

в) при зміні температури зовнішнього повітря ($\Delta t_{\text{реж.}} = \text{const}$) $\Delta t_{\text{з.пов.}} = \pm 10$ °C, $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \pm 5,72$ °C;

г) при зміні присмоктів в паливно, $\Delta \alpha_{\text{пал.}} = \pm 10$ %, $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \pm 2,07$ °C;

д) при зміні присмоктів в газоходи на ділянці (РП – за ВЕ), $\Delta \alpha_{\text{рп-ве}} = \pm 10$ %, $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \pm 0,83$ °C;

е) при зміні присмоктів в РПП $\Delta \alpha_{\text{рпп}} = \pm 1$ %, $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \mp 5,9$ °C;

є) при зміні присмоктів в ЕФ, $\Delta \alpha_{\text{эф}} = \pm 10$ %, $\Delta \theta_{\text{в.г.}} = \mp 5,9$ °C.

7 Для інших навантажень в таблиці Г.1 (додаток Г).

За результатами проведених випробувань складена режимна карта роботи котла ТПП-210А ст. №3 у двокорпусному режимі під час спалювання вугілля марки Г (ДГ) з теплотворною здатністю $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 5037 \div 5729$ ккал/кг; вологістю $W^{\text{P}} = 8,0 \div 9,3$ %; зольністю $A^{\text{P}} = 19,9 \div 24,8$ %, виходом летких $V^{\text{daf}} = 37,1 \div 39,3$ %, присмоккти повітря: в паливню котла – 13%/12%; в газовий тракт котла - 55%/49%; в пилосистеми –25%/27%. Режимна карта роботи корпусів А і Б складена для стану обладнання, який мав місце на період проведення теплових випробувань, у діапазоні навантажень котла 63-100 % від номінальної паропродуктивності і при включених двох групах ПВТ.

В четвертому розділі представлено аналіз результатів режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А.

Режимно-налагоджувальні досліді проведені в діапазоні навантажень блока 65,0-100 % від номінального, що відповідає паропродуктивності котла 638,0 – 951,0 т/год під час спалювання твердого палива.

Експериментально встановлено, що під час спалювання вугілля з $Q_{\text{н}}^{\text{P}} = 5265$ ккал/кг, надлишках повітря близьких до оптимального і задовільному стані пальників в діапазоні навантаження блока 65-100 % від номінального, забезпечується задовільний вихід рідкої жужелі без підсвічування природним газом.

Присмоккти повітря в паливню, приведені до номінального навантаження, становлять приблизно 5,0 %, що відповідає вимогам.

Оптимальний надлишок повітря в режимному перерізі вибирався з умов відсутності продуктів хімічного допалу (СО) в димових газах, мінімального вмісту горючих у виносі і задовільного плавлення жужелі. Оптимальний надлишок повітря в режимному перерізі при навантаженні котла 100 % від номінального становить 1,15, при навантаженні 80 % становить 1,2, і при навантаженні 65 % - становить 1,22. При надлишках повітря нижче від оптимальних на 0,03–0,04 з'являються продукти хімічного допалу (СО) і збільшується вміст горючих у виносі (втрати з мехнедопалом). Параметри середовища по пароводяному тракту наведені в додатку Е. На їхній основі побудовані температурні і гідравлічні характеристики трактів високого і низького тисків.

Температурні характеристики повітряного тракту і тракту димових газів залежно від навантаження (паропродуктивності) котла приведені на рис. 8, 9, а аеродинамічна характеристика газового тракту на рис. 10.

Опір РПП при навантаженні 100 % номінального і оптимальному повітряному режимі становить по газовій стороні близько 123 кгс/м^2 , по повітряній стороні 35 кгс/м^2 . Температура газів в поворотній камері після ширм II ст. при навантаженні котла 100 % від номінального становить близько 850-860 °С. Температура димових газів перед РПП знаходиться на рівні 397 °С при розрахунковій 423 °С при номінальному навантаженні. Температура відхідних газів становила 163,0 °С.

В досліді середня температура холодного повітря на всмоктті дуттьових вентиляторів становила 3,5 °С. Середня температура повітря перед РПП становить 19 °С при включеній рециркуляції гарячого повітря. Температура гарячого повітря

при навантаженні котла близько 100 % від номінального становить 356 °С при розрахункових 380 °С на номінальному навантаженні.

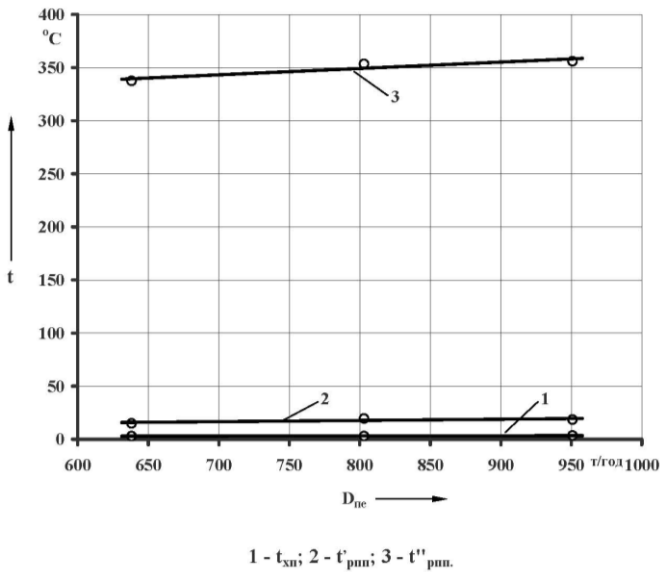


Рис. 8. Залежність температур по повітряному тракту котла ТПП-312А від його паропродуктивності

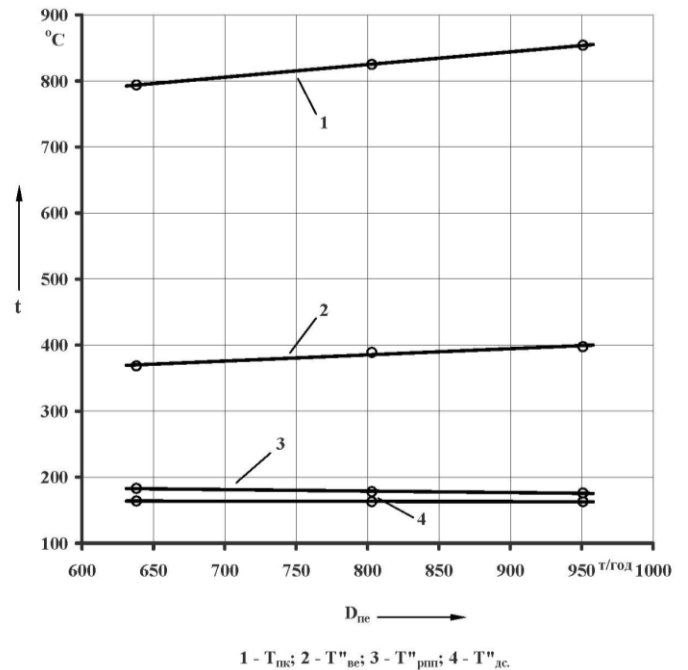


Рис. 9. Залежність температур по газовому тракту котла ТПП-312А від його паропродуктивності

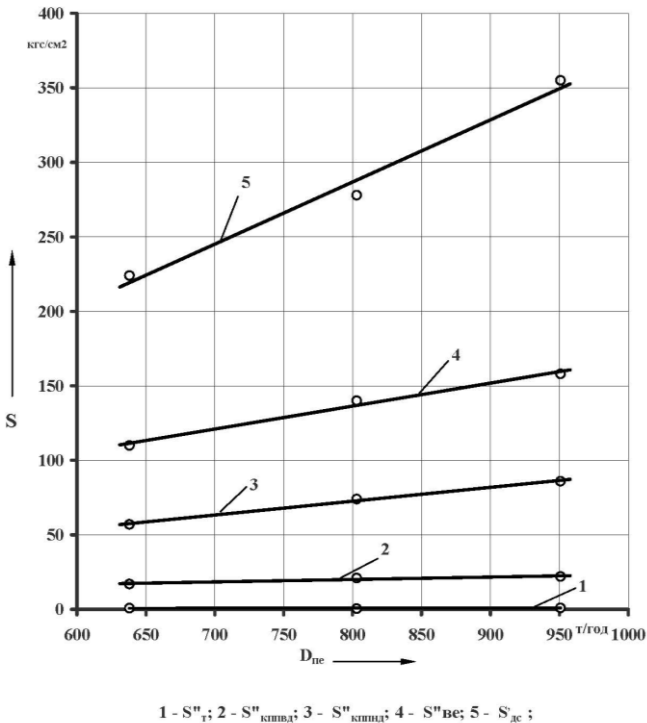


Рис. 10. Залежність розрідження по газовому тракту котла ТПП-312А від його паропродуктивності

При навантаженні котла близько 100 % від номінального і середній температурі газів перед РПП 397 °С, температурі повітря перед РПП 19 °С, фактичній величині присмоктів повітря і їх розподілом по ділянках (відрезках) газоходів, температура газів за РПП становила 175 °С, а температура відхідних газів (за ДС) становила 163,0 °С.

На рис. 11 наведено залежності економічних показників роботи котла (q_2 , q_3 , q_4 , q_5 , q_6 і $\eta_{к\text{бр}}$) від паропродуктивності в експлуатаційному діапазоні навантажень.

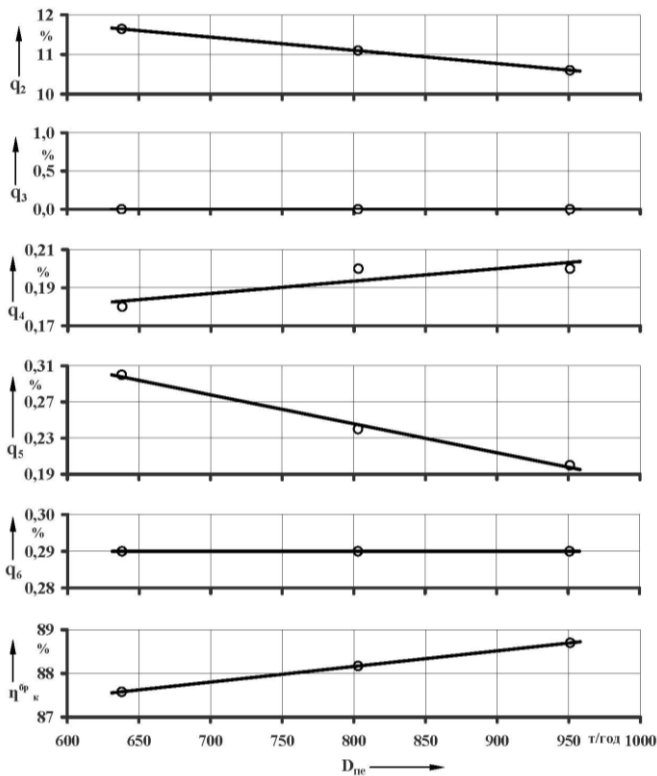


Рис. 11. Залежність економічних показників роботи котла ТПП-312А від його паропродуктивності:

- q_2 – втрати тепла з відхідними газами;
- q_3 – втрати тепла з хімічнодопалом;
- q_4 – втрати тепла з механічною неповнотою згоряння;
- q_5 – втрати тепла в навколишнє середовище;
- q_6 – втрати тепла з фізичним теплом жужелі;
- η – ККД котла брутто.

Втрати тепла з хімічнодопалом (q_3) при оптимальних надлишках повітря у всьому діапазоні навантажень відсутні.

Під час спалювання твердого палива ККД брутто котла при навантаженні ~100 % становить 88,70 %, втрати тепла з відхідними газами (q_2) становлять 10,60 %. При цьому температура відхідних газів (за ДС) становить 163 °С, коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах 1,57. Втрати тепла з механічною неповнотою згоряння (q_4) при навантаженні котла ~100 % від номінального ($Q_{к\text{бр}} = 612,8$ Гкал/год) становили відповідно 0,2 % при середніх значеннях горючих у виносі 0,95 %. Втрати тепла в навколишнє середовище (q_5) при навантаженні котла 100 % від номінального становлять 0,2 %. Втрати тепла з фізичним теплом жужелі (q_6) становлять 0,29 %. Зі зниженням навантаження до ~80,0 % від номінального ($Q_{к\text{бр}} = 523,7$ Гкал/год) втрата тепла з відхідними газами становила в середньому 11,1 % при збільшенні надлишку повітря у відхідних газах до 1,65. ККД котла брутто під час спалювання твердого палива при навантаженні котла 65 % від номінального становить 87,58 %.

За результатами проведених випробувань складена режимна карта роботи котла ТПП-312А під час спалювання твердого палива з характеристиками: $Q_{пн}^p = 5265$ ккал/кг; $V^p = 40,0$ %, $W^p = 12,0-14,0$ %; $A^p = 18,0-20,0$ %. У всьому діапазоні навантажень котла клапан РКТ закрито. Режимна карта складена для стану обладнання, який мав місце на період проведення режимних випробувань, в діапазоні навантажень котла 65-100 % від номінального (навантаження блока 196-287 МВт) і включених в роботу ПВТ.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

В дисертаційній роботі наведено результати вирішення науково-технічної задачі, яка полягає у підвищенні надійності і економічності роботи котлів ТПП-210А, ТПП-312А енергоблоків 300 МВт під час спалювання непроектованих видів палива. За результатами проведених аналітичних та експериментальних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Встановлено, що у діапазоні навантажень котла ТПП-210А під час роботи у двокорпусному режимі від 66 % до 100 % від номінального під час спалювання твердого палива (блока від 196 МВт до 295 МВт) забезпечується стабільна робота котла з номінальними параметрами перегрітої пари і задовільним виходом рідкої жужелі. Температура гострої пари та пари промперегріву витримується на номінальному рівні. При навантаженні корпусів котла 100 % від номінального під час спалювання твердого палива приведений ККД брутто становить відповідно 86,89%/88,18%/87,91% (корпус А при двокорпусному режимі роботи / корпус Б при двокорпусному режимі роботи / корпус А при однокорпусному режимі роботи).

2. Встановлено, що у діапазоні навантажень котла ТПП-312А 65-100 % від номінального (навантаження блока 196-297 МВт) під час спалювання твердого палива без підсвічування природним газом забезпечується стабільна довготривала робота котла з номінальними параметрами і задовільним виходом рідкої жужелі.

3. Приведені до нормативних значень вологості і зольності твердого палива, температури зовнішнього повітря 24 °С, температури повітря перед рециркуляцією гарячого повітря 26,3 °С, температури повітря до РПП 30 °С (нагрів повітря в ДВ, рециркуляція гарячого повітря відключена), нормативних значень присмоктів повітря в паливню і пилосистеми економічні і екологічні показники котла ТПП-210А становлять (відповідно корпус А при двокорпусному режимі / корпус Б при двокорпусному режимі роботи / корпус Б при однокорпусному режимі роботи): оптимальний надлишок повітря в режимному перерізі 1,16; приведена температура відхідних газів 178,2°С/172,2°С/171,9°С; приведена втрата тепла з відхідними газами 10,50%/8,79%/9,13%; вміст оксидів азоту у відхідних газах при $\alpha=1,4$ становить 1121 мг/м³/1074 мг/м³/1148 мг/м³; вміст двоокису сірки у відхідних газах при $\alpha=1,4$ становить 3230 мг/м³/2997 мг/м³/3196 мг/м³.

4. Встановлено, що при оптимальному надлишку повітря вміст оксиду вуглецю у відхідних газах не перевищував 150 ppm, що приводить відповідно до втрати тепла с хімічним недопалом не більше ніж 0,081 %. Втрати тепла від механічної неповноти згорання становлять 1,92%/1,97%/2,22 %. Втрати тепла в навколишнє середовище становлять 0,35%/0,35%/0,41%. Втрати тепла з фізичним теплом жужелі 0,34%/0,34%/0,34%. Приведені до номінального навантаження присмокоти повітря котла ТПП-210А становили (корпус А/корпус Б відповідно): в паливні 10%/12% при нормативних значеннях 5 %; у газовий тракт на ділянці від РП – до перерізу ОПН – 15%/15%; на ділянці від ОПН до БП – 10/10% , при нормативних

значеннях 25 % та 10 %; в РПП – 24%/25% (відповідно корпуси А/Б) при нормативі – 20 %.

5. Показано, що присмокоти в пилосистемі котла ТПП-210А наступні: в „А” – 25 % і в „В” – 27 %, при нормативних значеннях 22 %; присмокоти в пилосистему „Б” не визначались, оскільки вона відглушена і законсервована. Підвищені присмокоти холодного повітря в тракт пилоприготування зменшують кількість повітря, яке проходить через РПП, що приводить до підвищення температури відхідних газів і збільшення втрат тепла з відхідними газами. На основі результатів проведених теплових випробувань котла ТПП-210А складено проект нормативної характеристики корпусів під час роботи котла у двокорпусному та однокорпусному режимах.

6. Встановлено, що присмокоти повітря в топку котла ТПП-312А, приведені до номінального навантаження, становлять 5 %, що відповідає вимогам. Присмокоти повітря в газовий тракт котла на ділянці „водяний економайзер-димосмок”, приведені до номінального навантаження, становлять 47 % при нормі 35 %. Під час спалювання тільки твердого палива по якості (Q_n^p , A^p , W^p , V^p), яка була під час проведення режимно-налагоджувальних дослідів, оптимальною тониною помелу вугілля по залишку на ситі 90 мкм можна вважати 24-25 %. Показано, що оптимальний надлишок повітря в режимному перерізі при навантаженнях котла ТПП-312А 65%, 80% і 100% від номінального становить відповідно 1,22, 1,2 і 1,15.

7. Встановлено, що при навантаженні котла ТПП-312А ~100 % від номінального ККД котла бруто під час спалювання твердого палива становить 88,7 % при розрахунковому 89,72 % на номінальному навантаженні і спалюванні тільки твердого палива. Економічні показники при цьому становлять: температура відхідних газів 163,0 °С, втрата тепла з відхідними газами 10,6 %, при оптимальному надлишку повітря втрати тепла з хімічнодопалом відсутні, втрати тепла від механічної неповноти згоряння становлять 0,2 %, втрати тепла в навколишнє середовище становлять 0,2 %, втрати тепла з фізичним теплом жужелі 0,29 %. Витрата твердого палива порашована по зворотному балансу при цьому становить 131,2 т/год.

8. Встановлено, що при навантаженні котла ТПП-312А 65 % від номінального ККД котла бруто, під час спалювання твердого палива становить 87,58 %. Економічні показники при цьому становлять: температура відхідних газів 164 °С, втрата тепла з відхідними газами 11,64 %, при оптимальному надлишку повітря втрати тепла з хімічнодопалом відсутні, втрати тепла від механічної неповноти згоряння 0,18 %, втрати тепла в навколишнє середовище 0,3 %, втрати тепла з фізичним теплом жужелі 0,29 %. Витрата твердого палива котла ТПП-312А порашована по зворотному балансу на навантаженні 65 % від номінального становить 92,4 т/год.

9. За результатами проведених випробувань складені режимні карти роботи котлів під час спалювання твердого палива. Розроблено рекомендації, щодо підвищення надійності і економічності роботи котлів ТПП-210А, ТПП-312А під час спалювання непроектного палива на Трипільській ТЕС ПАТ «Центренерго» та Вуглегірській ТЕС ПАТ «Центренерго».

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Особистий внесок здобувача вказаний нижче для кожної публікації окремо

1. Мисак Й.С. Вплив різних факторів на витрату тепла в навколишнє середовище потужними водогрійними котлами / Й.С. Мисак, Я.Ф. Івасик, І.І. Марчак, Н.М. Лашковська, О.Г. Цепак (Юрасова) // «Коммунальное хозяйство городов». – 2003. – Выпуск 49. – С. 14–21 (*обговорення результатів та формування висновків*).

2. Мисак Й.С. Дослідження економічних показників роботи котла ТПП-210А енергоблоку 300 МВт при різних системах пилоподачі / Й.С. Мисак, О.Г. Юрасова // Вісник інженерної академії України. – Київ, 2014. – № 1. – С. 324–329 (*постановка задачі, участь у проведенні досліджень, обговорення результатів та формування висновків*).

3. Юрасова О.Г. Дослідження екологічних показників роботи котла ТПП-210А енергоблоку 300 МВт при різних системах пилоподачі / О.Г. Юрасова // Technology audit and production reserves. – № 6/5(20), 2014. – С. 39-42

4. Лис С.С. Аналіз методів збільшення терміну експлуатації котлоагрегата ТП-100А енергоблоку № 10 Бурштинської ТЕС / С.С. Лис, О.Г. Юрасова // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2018. – Вип. 28(1) – С. 99–103 (*участь у обговоренні результатів та формуванні висновків*).

5. Lys S. Analysis of Methods for Extending the Life Cycle of a TP-100A Boiler / Stepan Lys, Oksana Yurasova, Nadiya Lashkovska // Scientific journal “Energy Engineering and Control Systems”. – Lviv, 2018. – Volume 4, Number 1. – P. 1–8 (*участь у обговоренні результатів та формуванні висновків*).

6. Юрасова О.Г. Обґрунтування рішень технічного переоснащення котлоагрегату Трипільської теплоелектростанції / О.Г. Юрасова // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2020. – Вип. 30(2) – С. 99–106.

7. Yurasova O. Technical modernization of station 3 boiler unit of Trypillia thermal power station in terms of using non-standard fuel / O. Yurasova, M. Semerak, S. Lys, M. Klub // Scientific journal “Energy Engineering and Control Systems”. – Lviv, 2020. – Volume 6, Number 1. – P. 23–32 (*постановка задачі, участь у проведенні досліджень, обговорення результатів та формування висновків*).

8. Патент на винахід № 80263 «Спосіб роботи прямоструминного котла при часткових навантаженнях». Автори: Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Близнюк В.Ф., Цепак О.Г., Демчук І.А., Галянчук І.Р. МПК: F22В 35/00.2007 (*розроблення схеми регулювання витрати живильної води*).

9. Патент на винахід № 75985 «Спосіб регулювання витрати пари а пускових режимах прямоструминного котла». Автори : Мисак Й.С., Кравець Т. Ю., Гут П. О., Івасик Я. Ф., Цепак О.Г., Пісько М. С.. Оpubліковано: 15.05.2006, МПК: F22В 35/00 (*розроблення конструкції пристрою регулювання пари*).

10. Патент на винахід № 76277 «Спосіб пуску енергоблока». Автори: Мисак Й.С., Клуб М. В., Якимів Є. М., Близнюк В. Ф., Цепак О. Г., Галянчук І. Р..

Опубліковано: 17.07.2006, МПК: F01D 19/00 (розроблення схеми пуску енергоблоку).

11. Патент на винахід № 108320 «Котельна установка». Автори: Мисак Й.С., Кузнецова М.Я., Коваленко Т.П., Заяць М.Ф., Мисак С.Й., Юрасова О.Г.. Опубліковано: 10.04.2015, МПК: F23L 15/00 (розроблення схеми котельної установки).

12. Патент на винахід № 110554 «Котельна установка». Автори: Мисак Й.С., Івасик Я.Ф., Мисак С.Й., Заяць М.Ф., Коваленко Т.П., Кузнецова М.Я., Юрасова О.Г.. Опубліковано: 12.01.2016, МПК: F22B 33/18, F23C 9/00, F23L 15/00 (розроблення схеми котельної установки).

13. Юрасова О.Г. Дослідження екологічних показників роботи котла ТПП-210А при різних системах пилоподачі / О.Г. Юрасова, Й.С. Мисак // 10-я Международная научно-практическая конференция “Угольная теплоэнергетика : проблемы реабилитации и развития”, Киев 18-22 сентября 2014г. : тезисы доклада. – Киев, 2014. – С. 58–60 (постановка задачі, участь у проведенні досліджень, обговорення результатів та формування висновків).

14. Мисак Й.С. Теплові дослідження котла ТПП-210А при згоранні твердого палива / Й.С. Мисак, О.Г. Юрасова // VIII Міжнародна науково-практична конференція «Нетрадиційні і поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні», Львів 2015р. – Львів, 2015. – С. 282-285 (постановка задачі, участь у проведенні досліджень, обговорення результатів та формування висновків).

15. Мисак Й.С. Дослідження сумісного спалювання вугілля та природного газу на котлі ТПП-210А / Й.С. Мисак, О.Г. Юрасова // 11-а Міжнародна науково-практична конференція. Угольная теплоэнергетика : проблемы реабилитации и развития, Київ 16-20 вересня 2015р. – Київ, 2015. – С. 39-42 (постановка задачі, участь у проведенні досліджень, обговорення результатів та формування висновків).

16. Lys S. Methods of Extending the Life Cycle of a ТП-100А Boiler / Stepan Lys, Oksana Yurasova, Nadiya Lashkovska // Proceedings of the 8th International Youth Science Forum "Litteris et Artibus", November 21–23, 2018. – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2018. – P. 68–73 (участь у обговоренні результатів та формуванні висновків).

17. Lys S.S. Methods of extending the life cycle of a ТП-100А boiler / S.S. Lys , O.H. Yurasova, N.M. Lashkovska // International scientific and practical conference «Technical sciences: history, the present time, the future, EU experience» Wloclawek, Republic of Poland, September 27-28, 2019. – Wloclawek: Izdevnieciba «Baltija Publishing», 2019. – P. 28-31 (участь у обговоренні результатів та формуванні висновків).

18. Юрасова О.Г. Режимно-налагоджувальні випробування котла ТПП-312А на ТЕС з коригуванням режимних карт / О.Г. Юрасова // Сучасні наукові інновації: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 30-31 березня 2020 року. – Київ: МЦНіД, 2020. – С. 25-28.

19. Юрасова О.Г. Розрахункове обґрунтування рішень для технічного переоснащення котлоагрегату ст. №3 Трипільської ТЕС в частині використання непроектного палива / О.Г. Юрасова // Сучасний рух науки: тези доп. Х міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 2-3 квітня 2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – С. 739-748.

АНОТАЦІЯ

Юрасова О.Г. Аналіз роботи котлів ТПП-210А, ТПП-312А енергоблоків 300 МВт при спалюванні непроектних видів палива. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – Національний університет «Львівська політехніка» МОН України, Львів, 2020.

Дисертація присвячена аналізу роботи котлів ТПП-210А, ТПП-312А енергоблоків 300 МВт під час спалювання непроектних видів палива, а також коригування режимних карт на підставі результатів випробувань.

На основі проведених досліджень доведено перспективність залучення до сировинної бази існуючих котлоагрегатів непроектного вугілля.

Визначено режимні і економічні характеристики котла ТПП-210А під час спалювання непроектного палива: коефіцієнт корисної дії бруто, складові теплових втрат, витрати електроенергії на власні потреби котла, аеродинамічні і температурні характеристики газоповітряного тракту, температурні характеристики пароводяного тракту в робочому діапазоні навантажень блока.

На основі результатів проведених теплових випробувань котла ТПП-210А в експлуатаційному діапазоні навантажень під час роботи на вугіллі марок «Г», «ДГ» складено проект нормативної характеристики корпусів котла під час роботи котла у двокорпусному та однокорпусному режимах. За результатами проведених випробувань складена режимна карта роботи котла ТПП-210А ст. №3 у двокорпусному режимі під час спалювання твердого палива та отримано дані для подальшого коригування показників нормативної характеристики роботи котла.

На основі результатів проведених режимно-налагоджувальних випробувань котла ТПП-312А в експлуатаційному діапазоні навантажень під час переведення його на спалювання твердого палива, яке відрізняється від проектного загальними та специфічними властивостями, розроблений проект нормативної характеристики роботи котла та визначено режим роботи пилосистеми котла. Складена режимна карта роботи котла ТПП-312А і пилосистеми та приведені пропозиції щодо підвищення економічності і надійності роботи котла.

Ключові слова: котел, вугілля, паливня, рідка жужіль, присмокти холодного повітря, теплові втрати, ккд котла бруто, коефіцієнт надлишку повітря.

SUMMARY

Yurasova O.H. Analysis of the operation of boilers ТПП-210А, ТПП-312А power units of 300 MW during the combustion of non-project fuels. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript. - Qualifying scientific paper on the rights of the

manuscript. Thesis for a scientific degree in engineering on a specialty 05.14.06 – technical thermophysics and industrial thermal power engineering. – Lviv Polytechnic National University Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2020.

The dissertation is devoted to the research of the work of the TIII-210A, TIII-312A boilers of power units of 300 MW during the combustion of non-project fuels, as well as the adjustment of regime maps on the basis of test results.

Based on analytical and experimental researches the prospect of involvement of non-project coal in the raw material base of the existing boilers has been proved.

The regime and economic characteristics of the TIII-210A boiler during the combustion of non-project fuel are determined: gross efficiency, components of heat loss, electricity consumption for the boiler's own needs, aerodynamic and temperature characteristics of the gas-air path, temperature characteristics of the steam-water tract in the operating range.

For the first time, the calculation coefficients were determined using the program of thermal and hydraulic calculation of the "Trakt" boiler to the temperature of the exhaust gases during the combustion of non-project fuel to change: air temperature before hot air recirculation; air shots in the fuel; air inspections at the section "mode cross section - last heating surface (OPN)"; air intakes in the OPN; air shots at the section "OPN - DS"; raw coal moisture; crude ash content (ratio of ash content of fuel to combustible mass).

Based on the results of thermal tests of the boiler TIII-210A in the operationing range of loads during work on coal grades "Г", "ДГ" the project of normative characteristics of boiler bodies during boiler operation in double-hull and single-hull modes is made. The operating parameters of the boiler TIII-210A were determined experimentally as well as economic indicators of the boiler, environmental indicators, electricity consumption for traction, blasting and dust preparation, adjustment to the exhaust gas temperature. It was found that with the optimal excess of air, the content of carbon monoxide in the exhaust gases does not exceed 150 ppm, which leads to a heat loss with chemical afterburning of not more than 0.081%. According to the results of the tests, a regime map of the boiler TIII-210A Art. No.3 in double-hull mode during solid fuel combustion and data were obtained for further adjustment of boiler performance.

Based on the results of the mode-adjustment tests of the boiler TIII-312A in the operating range of loads during its transfer to solid fuel combustion, which differs from the design of the general and specific properties, the draft normative characteristics of the boiler operation was developed and the mode of operation of the boiler system was determined. The values of air suction in individual elements and the gas path of the boiler TIII-312A as a whole are established. The suction of air into the furnace of the boiler, reduced to the rated load, is 5%, which meets the requirements. It is established that in the range of boiler loads of 65-100% of the nominal during the combustion of solid fuel without backlighting with natural gas provides stable long-term operation of the boiler with nominal parameters and satisfactory output of liquid slag. The regime map of the TIII-312A boiler operation and vacuum cleaners has been elaborated and the suggestions for increasing the efficiency and reliability of the boiler are given.

Key words: boiler, coal, fuel, liquid sniffer, cold air, heat losses, gross boiler efficiency, excess air ratio.