

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ АТМОСФЕРНИХ ГАЗОВИХ ПАЛЬНИКІВ РІЗНОЇ МОДИФІКАЦІЇ В АВТОНОМНОМУ КОТЛІ

Найбільше розповсюдження в автономних котлах отримали атмосферні пальники трьох модифікацій:

- пальники з частковим попереднім змішуванням, $\alpha' < 1$ без охолоджуючих стрижнів (рис. 1а);
- пальники з $\alpha' < 1$ та охолоджуючими стрижнями (рис. 1б);
- пальники з повним попереднім змішуванням, $\alpha' > 1$ (рис. 2).



Рис. 1. Схема атмосферного пальника з $\alpha' < 1$
а) вогнева насадка без охолоджуючих стрижнів;
б) вогнева насадка з охолоджуючими стрижнями.

В основу роботи атмосферних пальників, приведених модифікацій, покладений механізм передачі кінетичної енергії від газової струмини, до повітря, що спрямована в інжектор. В пальниках з $\alpha' < 1$ повітря, яке необхідне для повного згорання газу надходить в два ступені: первинне – безпосередньо в інжектор, в об'ємі 40–70% і вторинне – надходить

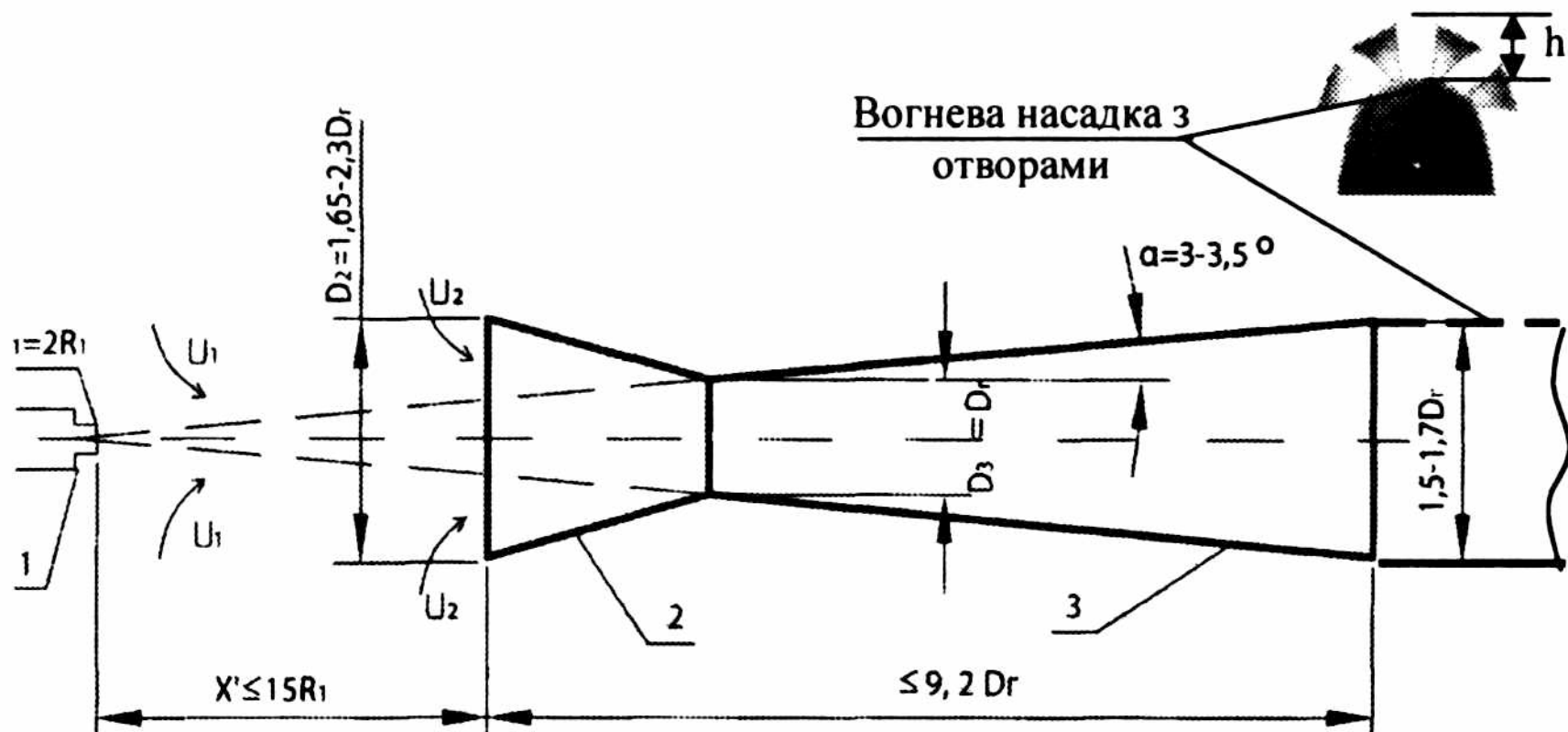


Рис. 2. Схема атмосферного пальника з $\alpha' > 1$.

до полум'я за рахунок газової дифузії і розрідження в топці. В пальниках цього класу газ згорає за кінетично-дифузійним принципом і для більш ефективного його спалювання застосовуються охолоджуючі стрижні, які розташовуються по зовнішньому контуру полум'я (рис. 1б). Маючи широкий діапазон регулювання потужності від 20% до 100%, ці пальники широко застосовуються в автономних теплогенераторах, газових плитах, конвекторах, тощо.

Атмосферні пальники з $\alpha' > 1$, за останні роки, набули широкого застосування в автономних котлах з одноступеневим режимом регулювання потужності. Не дивлячись на вузький діапазон робочого регулювання від 65 до 100%, ці пальники мають переваги, які характерні при кінетичному принципі спалювання газу: виключається найдовший процес сумішоутворення, швидкість горіння збільшується, полум'я стає коротким.

Оскільки інформація досліджень автономних котлів з сучасними пальниками в літературі майже не наведено, а існуючі технічні характеристики носять переважно рекламний характер, метою роботи є проведення теплотехнічних та екологічних досліджень роботи котла з атмосферними пальниками різної модифікації в широкому діапазоні їх потужності.

Дослідження передбачали визначення наступних показників котла:

- коефіцієнт регулювання потужності;
- повноту згорання газу;
- ККД;
- коефіцієнт надлишку повітря.

При цьому проводилися вимірювання:

- тиску та температури газу в мережі та перед пальником;
- температури продуктів згорання на виході з котла та перед тягопереривачем;
- складу продуктів згорання перед тягопереривачем;
- візуальне спостереження за характером полум'я в котлі.

В таблиці 1 наведений перелік обладнання, що застосовувалося при проведенні досліджень.

Таблиця 1

Вимірювальні прилади, що застосовувалися при випробуваннях

№	Вимірювальна величина	Тип приладу та його характеристики
1	Тиск газу перед витратоміром, Па	Манометр
2	Температура газу перед витратоміром, °С	Термометр ТБП – 100
3	Витрата газу, м ³ /год	Лічильник газу Metrix G6
4	Тиск газу перед соплом, Па	Електронний вимірювач тиску Manometr S2500 зі шкалою до 100 кПа, з точністю до 10 Па
5	Розрідження в топці, Па та Температура продуктів згорання, °С	Електронний газоаналізатор Testo 300 XL № 00362573/008, з датчиком температури та тиску
6	Температура в приміщенні, °С	Термометр ТБП – 100
7	Барометричний тиск, кПа	Барометр

Схема експериментального стенду, обладнаного вимірювальними приладами приведена на рис. 3.

Дослідження проводилися на котлі Vitogas 050, виробництва фірми Viessmann потужністю 35 кВт, в якому виконання топки дозволяє проводити експеримент в двох режимах:

а) топка котла аеродинамічно ізольована від повітря приміщення і розглядається як закрита, в якій передбачується атмосферний пальник з $\alpha' > 1$;

б) топка котла аеродинамічно сполучена з повітрям приміщення і є відкритою для надходження вторинного повітря до полум'я. В цих котлах передбачуються атмосферні пальники з $\alpha' < 1$.

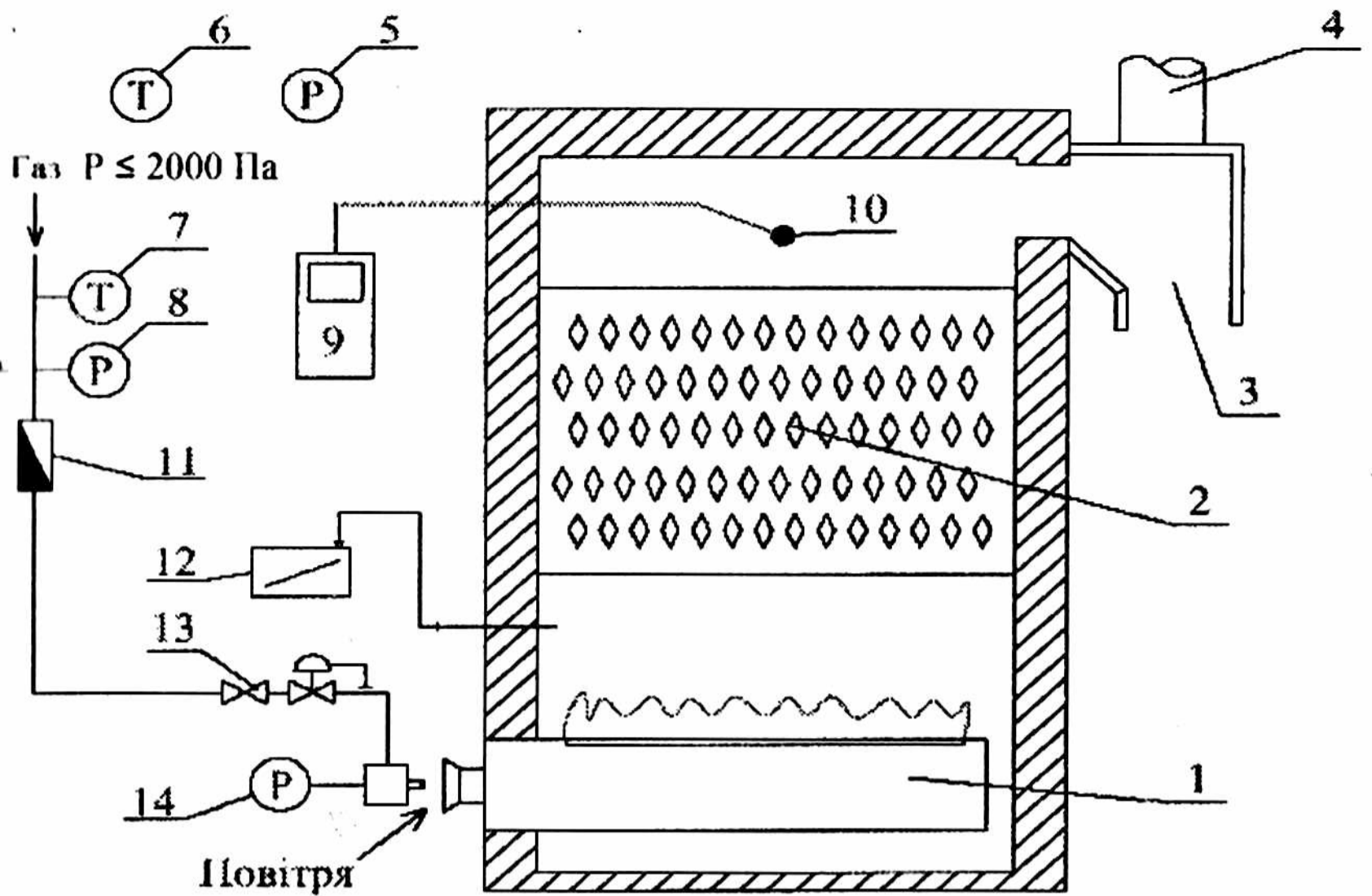


Рис. 3. Схема експериментального стенду.

1 – атмосферний палик; 2 – конвективна частина котла; 3 – тягопереривач; 4 – труба для видалення димових газів; 5 – вимірювач атмосферного тиску; 6 – вимірювач температури повітря приміщення; 7 – вимірювач температури газу в мережі; 8 – вимірювач тиску газу в мережі; 9 – газоаналізатор; 10 – щуп газоаналізатора; 11 – витратомір; 12 – вимірювач розрідження в топці; 13 – подвійний магнітний клапан; 14 – вимірювач тиску газу перед соплом палика.

Продукти згорання видаляються в атмосферу за допомогою димової труби діаметром 130 мм. Стабілізація розрідження в топці здійснюється за допомогою тягопереривача.

Результати досліджень автономного котла з палинками різних модифікацій наведені на рис. 4, 5, 6.

При дослідженні котла були отримані наступні діапазони регулювання його потужності:

Палик	Діапазон регулювання потужності, кВт	Коефіцієнт регулювання потужності
$\alpha' > 1$	32,4–22,5	1:1,44
$\alpha' < 1$	35–8,7	1:4
$\alpha' < 1$ із системою охолоджуючих стрижнів	35–8,7	1:4

Максимальна потужність котла, з пальником з $\alpha' > 1$ складала 32,4 кВт, при тиску газу перед соплом 1180 Па (номінальна потужність 35 кВт, при тиску газу 1400 Па перед соплом пальника, що передбачено технічним паспортом).

Мінімальна потужність складає 22,5 кВт при тиску 600 Па, нижче якої експлуатація котлоагрегату недопустима, так як висота полум'я знижується і горіння відбувається на поверхні насадки пальника, що призводить до його перегріву та прогорання матеріалу пальника, з наступним проскоком полум'я та повним виходом пальника з ладу. Тому застосування модульованого регулювання, для пальника з $\alpha' > 1$, потребує додаткових технічних рішень спрямованих на запобігання прогорання вогневої насадки пальника.

На рис. 4 наведено залежності коефіцієнту надлишку повітря в топці котла від теплової потужності. Експериментально визначено, що всі пальники при потужності 30–32,4 кВт працюють практично з однаковим сумарним α , що дорівнює 1,4. При зменшенні потужності α поступово збільшується.

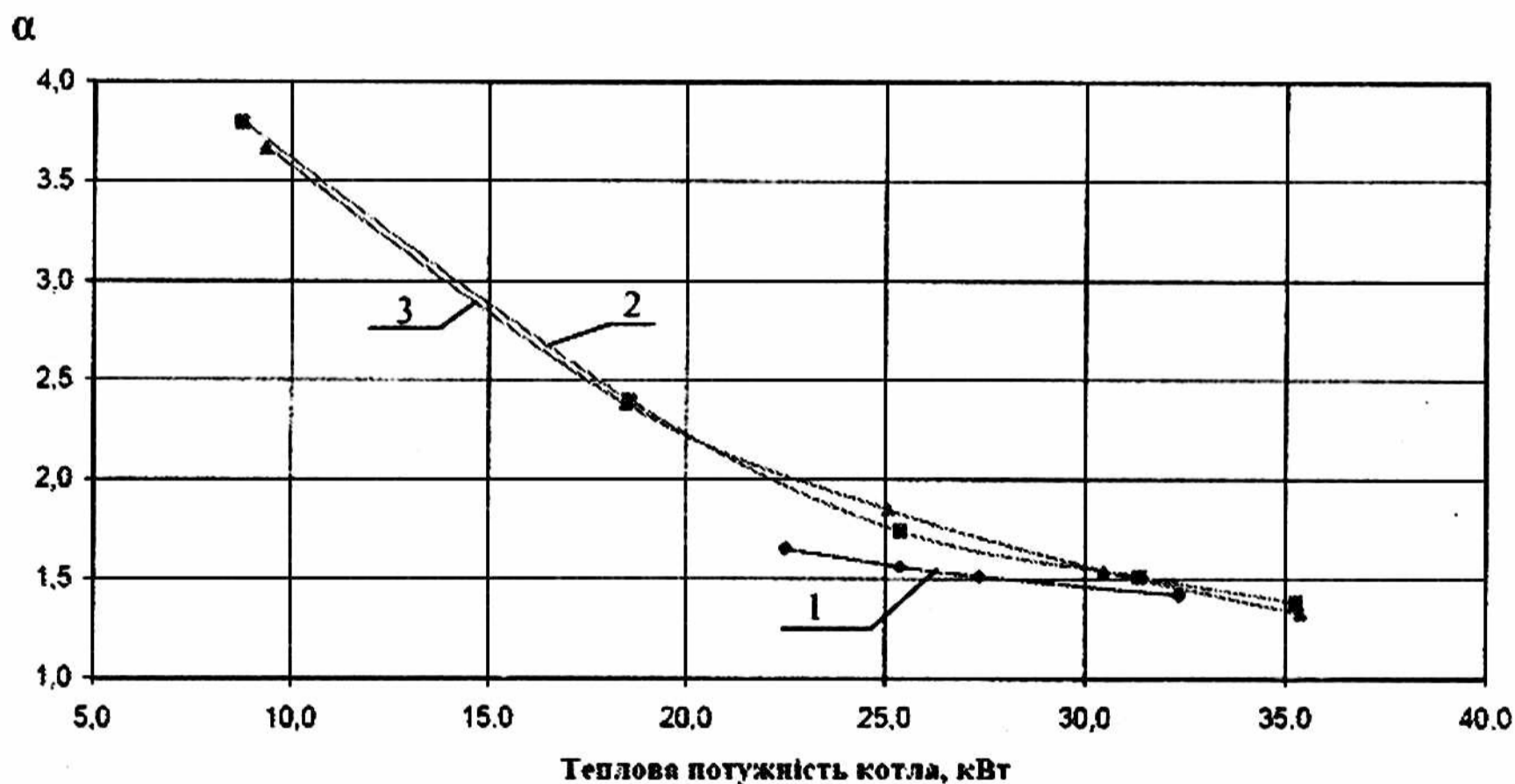


Рис. 4. Залежність коефіцієнту надлишку повітря в топці від теплової потужності котла.

1 – пальник з $\alpha' > 1$, топка закрита; 2 – пальник з $\alpha' < 1$, топка відкрита;
3 – пальник з $\alpha' < 1$, з охолоджуючими стрижнями, топка відкрита.

На рис. 5 розглянені зміни коефіцієнту корисної дії котла в залежності від його теплової потужності. Котел з пальником в якому $\alpha' > 1$ працює з більш високим ККД в усьому діапазоні продуктивності ніж з

пальниками $\alpha' < 1$. При потужності котла в межах 30–32,4 кВт з розглянутими пальниками і різних режимах роботи ККД складає 93–94%.

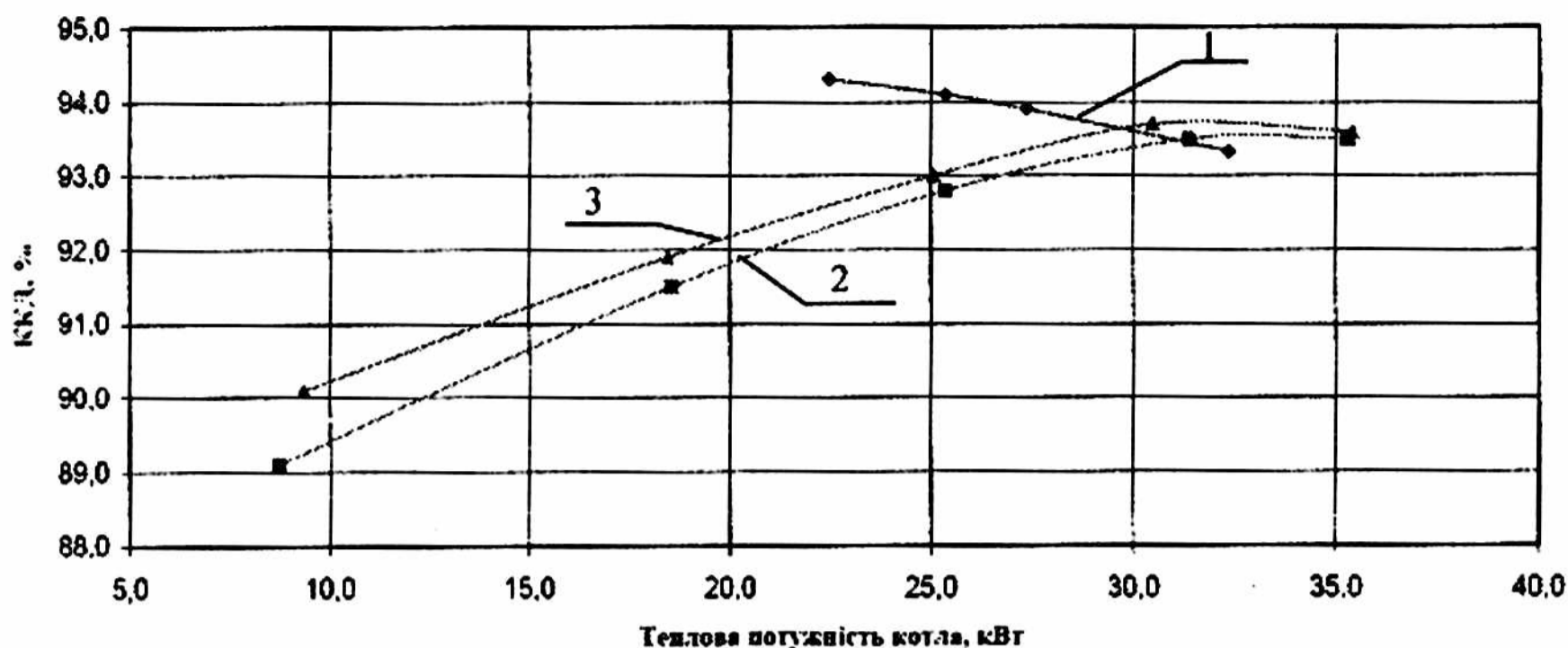
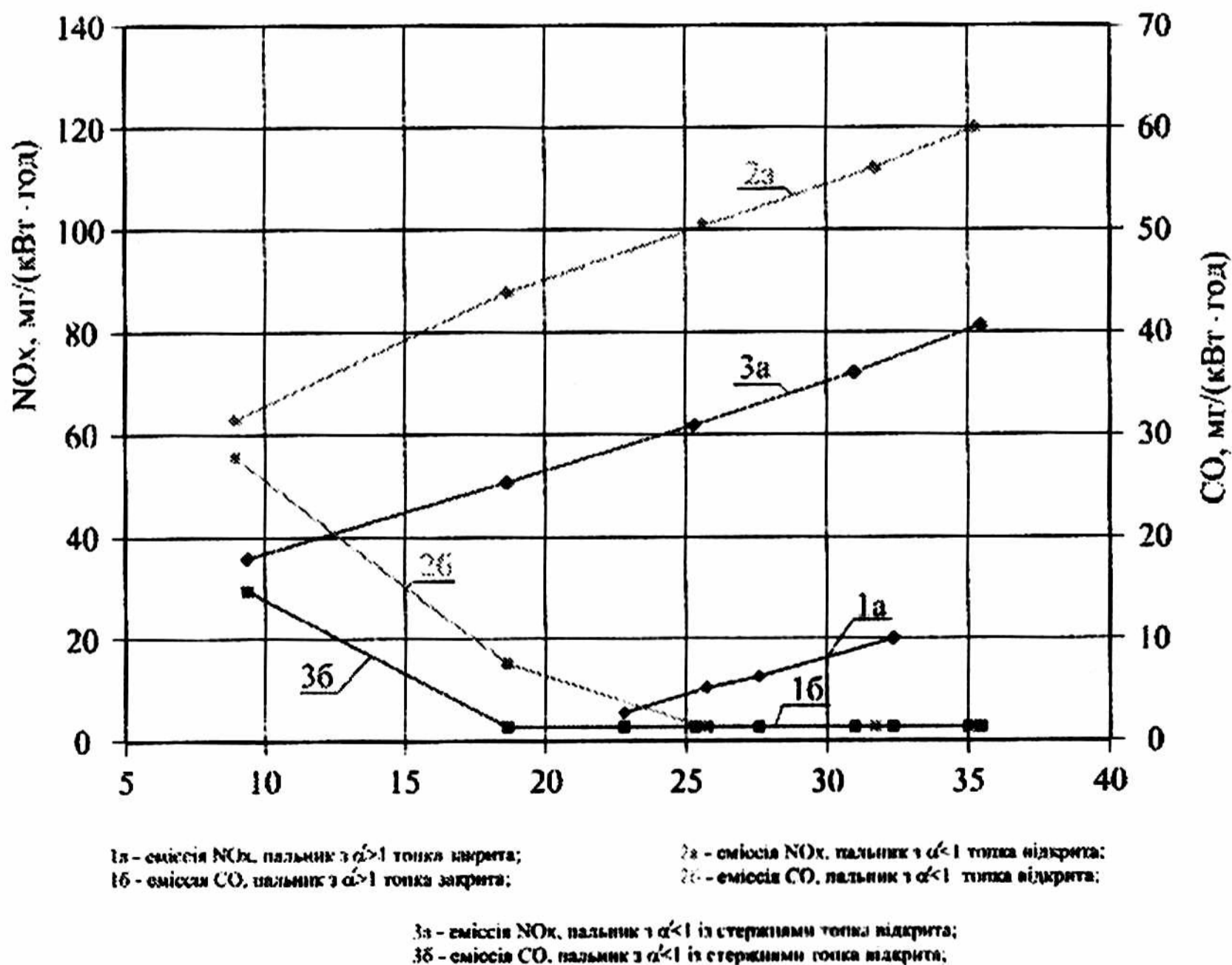


Рис. 5. Залежність ККД від теплової потужності котла.

1 – палиник з $\alpha' > 1$, топка закрита; 2 – палиник з $\alpha' < 1$, топка відкрита; 3 – палиник з $\alpha' < 1$, топка відкрита, з охолоджуючими стрижнями.



1а - емісія NO_x, палиник з $\alpha' > 1$ топка закрита;
1б - емісія CO, палиник з $\alpha' > 1$ топка закрита;

2а - емісія NO_x, палиник з $\alpha' < 1$ топка відкрита;
2б - емісія CO, палиник з $\alpha' < 1$ топка відкрита;

3а - емісія NO_x, палиник з $\alpha' < 1$ із стрижнями топка відкрита;
3б - емісія CO, палиник з $\alpha' < 1$ із стрижнями топка відкрита;

Рис. 6. Залежності емісії оксидів NO_x та CO від теплової потужності котла.

Виконані екологічні дослідження котла з різними атмосферними пальниками свідчать, що отримані показники задовольняють вимогам ГОСТ 20548-87 по викидам NO_x та CO.

Для пальника $\alpha' < 1$ без охолоджуючих стрижнів максимальна величина викидів NO_x становила 120 мг/(кВт·год) при $Q = 35$ кВт. З застосування охолоджуючих стрижнів величина викидів NO_x знизилася до 80 мг/(кВт·год).

При роботі пальника з $\alpha' > 1$ значення емісії NO_x складають 20 мг/(кВт·год), що значно нижче ніж для пальника з $\alpha' < 1$, при продуктивності 32,4 кВт.

Емісія CO не перевищувала 10 мг/(кВт·год) для всіх трьох модифікацій пальників при номінальному навантаженні.

Висновки

1. Атмосферні пальники різної модифікації працюють з високими теплотехнічними показниками, забезпечуючи ККД в межах 93–94%, при загальному коефіцієнті надлишку повітря 1,35–1,45 при теплопродуктивності котла 30–35 кВт.

2. Пальники з $\alpha' < 1$ мають широкий діапазон регулювання потужності, що становить 1:4. Для пальників з $\alpha' > 1$ ця величина наближається до 1:1,5. При зниженні потужності котла менше 22,5 кВт, з пальником $\alpha' > 1$, експлуатація його небезпечна без прийняття додаткових конструктивних заходів по захисту вогневої насадки пальника від перегріву.

3. Виконані експериментальні дослідження котла з пальником $\alpha' > 1$ показують, що концентрація оксидів азоту в продуктах згорання значно нижча ніж у пальників з $\alpha' < 1$. Емісія NO_x для пальників з $\alpha' > 1$ становила 20 мг/(кВт·год), проти 120 для пальників з $\alpha' < 1$, при нормативі 200 мг/(кВт·год) (ГОСТ 20548-87).

Величини викидів CO для всіх пальників знаходились в межах 10 мг/(кВт·год).

4. Експериментально доведено, що введення охолоджуючих стрижнів в область контуру полум'я для пальників з $\alpha' < 1$ дозволяє знизити викиди оксиди азоту з 120 до 80 мг/(кВт·год).