

ГЛУЩЕНКО О.Л., к.т.н., доцент  
САПИЦЬКИЙ І.О., здобувач вищої  
освіти другого (магістерського) рівня

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ВОДЯНИХ ЕКОНОМАЙЗЕРІВ ПАРОВИХ КОТЛІВ ТА РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЇХНЬОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Вступ.** Сучасна котельна установка є складною спорудою, що складається з великої кількості різного устаткування та будівельних конструкцій, зв'язаних в єдине ціле загальною технологічною схемою виробництва пари.

Дослідження зв'язків між енергетичними та технологічними процесами дозволяє виявити можливість удосконалення виробничих процесів та забезпечити максимально чітку організацію виробничого процесу. Це гарантує можливість забезпечення граничної надійності, безперервності роботи та максимальної економічної ефективності виробничого процесу,

У зв'язку з підвищенням цін на паливо найважливішою задачею є підвищення економічності роботи теплоенергетичного устаткування, встановлювання теплового режиму, який забезпечує максимальне згоряння палива та продуктивну роботу всіх поверхонь нагріву та їх експлуатаційну надійність. Від надійної, безперебійної та злагоженої роботи усіх елементів котельного агрегату залежить, ефективність виробітку перегрітої пари котлами і, таким чином, виробіток електричної енергії турбінними агрегатами в цілому.

**Постановка задачі.** Економайзер є однією з основних складових котельного агрегату. Він працює у складних умовах. Від роботи економайзера залежить якість живильної води, що подається до барабану [1]. З метою проведення детального аналізу та розробки рекомендацій щодо покращення роботи парового котла в цілому та окремо економайзерних поверхонь нагріву необхідно провести тепловий розрахунок парового котла, виявити та проаналізувати вплив негативних факторів на роботу водяного економайзера.

**Результати роботи.** Для проведення досліджень вирішено перевірити теплову роботу котлоагрегату П-50 ДТЕК Дніпроенерго «Криворізька ТЕС» з використанням різних температур живильної води на вході в економайзер та різних коефіцієнтів надлишків повітря в топці.

У результаті проведених розрахунків отримані залежності теплосприйняття економайзера від температури живильної води на вході в економайзер і надлишку повітря від сумарного об'єму продуктів згоряння.

Для повноти дослідження впливу надлишків повітря на ефективність роботи парового котла в цілому проводили розрахунок теплового балансу котла [2-4] для різних значень коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha'_i$ .

Результати розрахунку представлені у табл.1.

У результаті проведених розрахунків для різних надлишків і присосів повітря у газоходах котла видно, що тепловий баланс котла майже лишається незмінним, а витрати палива змінюються несуттєво, одночасно зростає концентрація золи в димових газах, що спричиняє зношування поверхонь економайзера (так зване, «золоче зношування поверхонь нагріву»).

На цій підставі можливо зробити висновок, що оптимальне значення для збільшення строку служби економайзера є значення надлишку повітря  $\alpha^{\square} = 1,25$ .

Таблиця 1 – Результати розрахунку впливу надлишків повітря на ефективність роботи парового котла

Найменування величини	Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha$				
	1,1	1,15	1,2	1,3	1,35
1	2	3	4	5	6
1. Втрати теплоти з відхідними газами, $q_2$ , %	6,11	6,03	8,31	8,29	7,16
2. Сума теплових втрат, $\Sigma q$ , %	9,65	9,57	11,75	11,83	10,7
3. ККД котельного агрегату, $\eta_{\text{к}}$ , %	90,35	90,43	88,25	88,17	89,3
4. Коефіцієнт збереження теплоти, $\phi$	0,9878	0,9879	0,9877	0,9877	0,9878
5. Повна витрата палива, $V$ , кг/с	33,39	33,4	34,2	34,2	33,8
6. Розрахункова витрата палива, $V_p$ , кг/с	32,7	32,7	33,5	33,52	33,12

Для повноти досліджень причин виходу з ладу водяних економайзерів проведено додаткові розрахунки водяного (конвективного) економайзера в режимах змін початкової температури живильної води. Результати розрахунку представлені в табл.2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку водяного економайзера при зміні початкової температури живильної води на вході

Найменування величини	Температура живильної води на вході до економайзера, °С		
	230	250	260
1. Температура середовища на виході, $t_p'$ , °С	280	300	310
2. Теплосприйняття по балансу, $Q_6$ , кДж/кг	2082	1989	1845
3. Температура газів на вході, $t_g'$ , °С	470	470	470
4. Температура газів на виході, $t_g'$ , °С	329	329	329
5. Температурний напір, $\Delta t$ , °С	145	125	115
6. Швидкість газів, $W_g$ , м/с	5,95	5,95	5,95
7. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, $\alpha_k$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	276	276	276
8. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до оточуючого середовища, $\alpha_2$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	8136	8136	8136
9. Температура забрудненої стінки, $t_3$ , °С	355	370,7	373,8
10. Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням, $\alpha_n$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	26,4	26,4	26,4
11. Коефіцієнт теплопередачі, $k$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	219	219	219
12. Теплосприйняття по теплообміну, $Q_T$ , кДж/кг	1661	1432,5	1317,9
13. Відношення розрахункових теплосприймаць, $Q_T/Q_6$	0,798	0,720	0,714

З табл.2 видно, що підвищення температури живильної води на вході до економайзера та температурного напору за всіма розрахунковими точками, призведе до перегріву та активного зносу поверхонь нагріву економайзера. Спостерігається збільшення навантаження на котел при цьому підвищується зношення економайзера.

Результати розрахунку у графічному вигляді представлені на рис.1 та 2.

Аналіз результатів розрахунку показує, що з підвищенням коефіцієнту надлишку повітря зростає сумарний об'єм продуктів згорання.

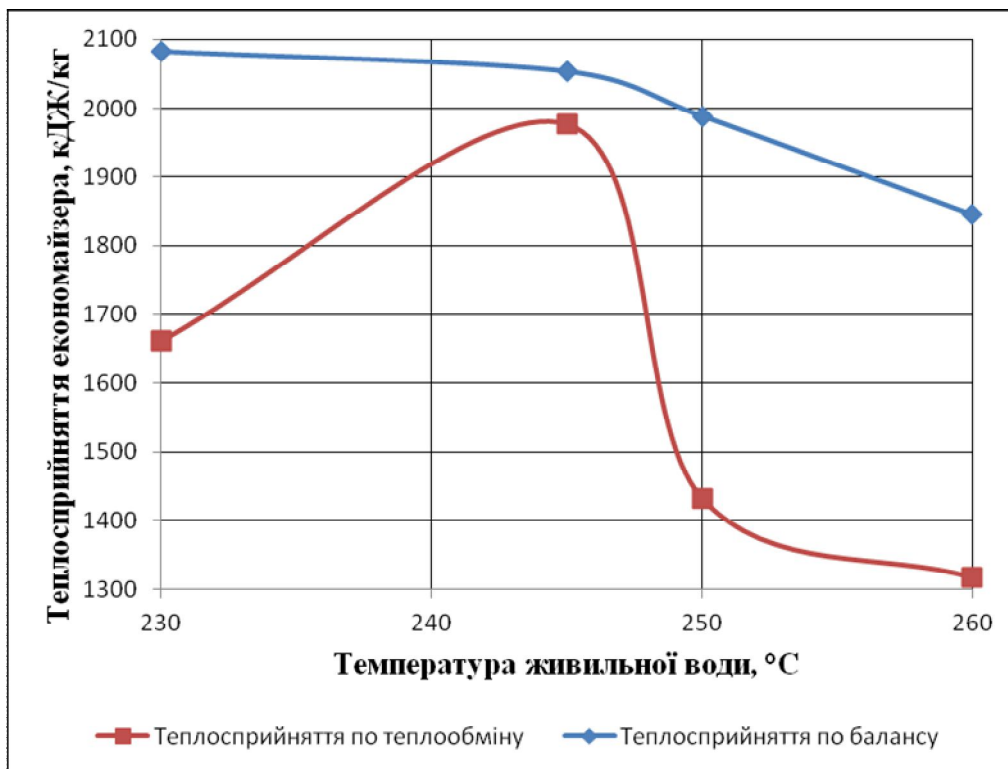


Рисунок 1 – Залежність теплосприйняття економайзера від температури живильної води

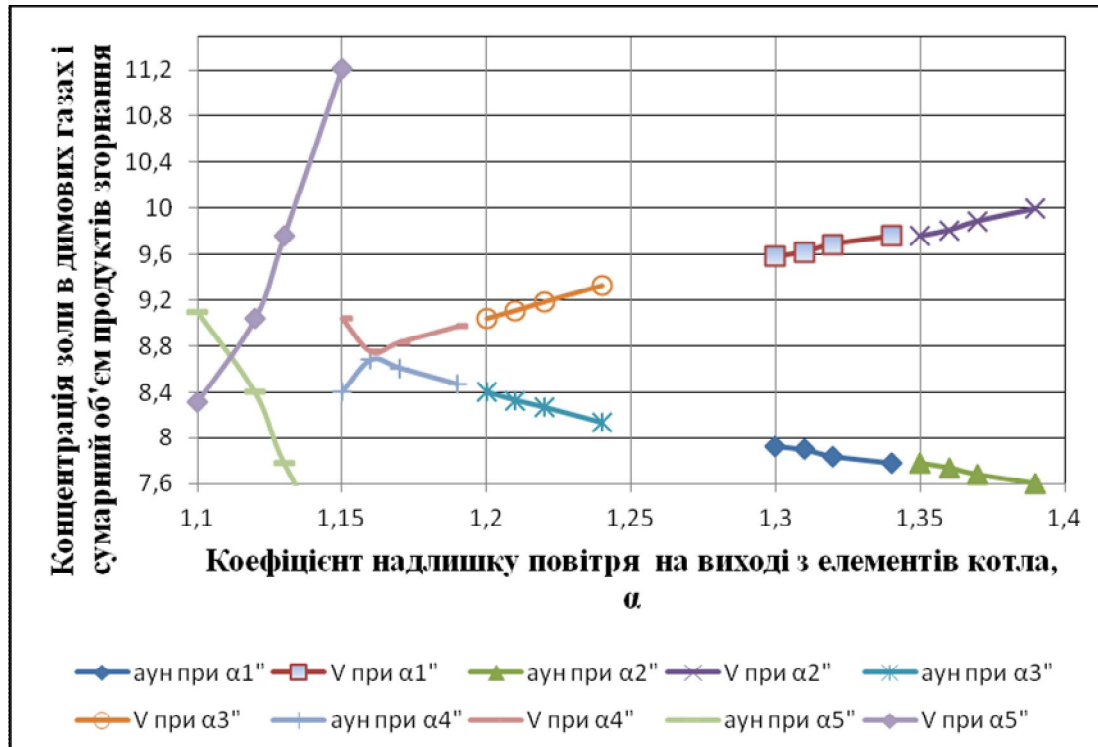


Рисунок 2 – Залежність впливу надлишку повітря на концентрацію золи в димових газах і сумарний об'єм продуктів згорання

Крім того, зростання температури живильної води призведе до зростання теплосприйняття котлоагрегата, а це, в свою чергу, призведе до руйнування труб водяного економайзера і загальних перенавантажень котлоагрегату в цілому. Для того щоб максимально подовжити службу економайзера, необхідно дотримуватися оптимального теплового режиму роботи котлоагрегату. Таким режимом можна вважати роботу котла при температурі живильної води на вході в економайзер 295 °С та коефіцієнті надлишку повітря не більше 1,25.

Проведені дослідження та розрахунки дають можливість запропонувати заходи, - забезпечення якісної роботи деаераторів і водопідготовчих установок, а також високу якість живильної води котлів;

- постійно слідкувати за рівномірним живленням котла водою і надійною роботою автоматів живлення;

- не допускати надлишків повітря понад розрахункові й роботи топки з хімічним недопалом палива;

- слідкувати за щільністю повітряного тракту, обмурівки, газових перегородок, станом поверхонь нагріву;

- систематично перевіряти роботу запобіжних клапанів, що встановлюють на економайзерах, які повинні відкриватися при тиску, що перевищує робочий тиск у котлі на 25 % з боку входу і на 10 % з боку виходу води з економайзера.

На тих котлах, де спостерігається інтенсивне загальне зношення економайзерів, необхідно періодично виконувати перебір зношених пакетів, оскільки при вибракуванні змішувачів у газоході неможливо знайти всі дефекти. Періодичність виконання цього заходу визначають місцеві умови експлуатації котла.

**Висновки.** У роботі детально розглянуто можливі причини виходу з ладу економайзерів та фактори, які чинять негативний вплив на стан металу труб. На основі отриманих даних можна виділити головну причину виходу з ладу економайзерів, а саме різке підвищення коефіцієнта надлишку повітря та зміна температури живильної води на вході в економайзер.

Дослідженнями було виявлено, що причинами такого стану можуть бути наступні фактори: відключення деаератора живильної води і зниження її температури нижче розрахункової; незадовільний топковий режим, тобто робота котла з підвищеними або зниженими проти розрахункових надлишками повітря в топці; перевантаження котла вище номінальної паропроductивності.

Проведені дослідження та розрахунки надали можливість запропонувати рекомендації, направлені на запобігання пошкодження економайзерів та подовження терміну їхньої експлуатації; виявлено оптимальний тепловий режим роботи котлоагрегату, яким можна вважати роботу при температурі живильної води на вході в економайзер 295 °С та коефіцієнті надлишку повітря не більше 1,25.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов П.А. Предупреждение аварий паровых котлов. М.: Энергоатомиздат. 1991. 345 с.
2. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. Москва-Ижевск: НИЦ Регуляторная и хаотическая динамика, 2003. 592 с.
3. Двойнишников В.А. Конструкция и расчёт котлов и котельных установок: Учебник для техникумов по специальности «Котлостроение» / под. общ. ред. В.А. Двойнишников, Л.В. Деев, М.А. Изюмов. М.: Машиностроение, 1988. 264 с.
4. Тепловой расчёт промышленных парогенераторов / под ред. В.И.Частухина: Москва, Энергия, 1980. 184 с.

Надійшла до редколегії 11.10.2020.