

Т. І. РИМАР, М. Ф. ЗАЯЦЬ

ОСОБЛИВОСТІ ЗАМІНИ КАЛОРИФЕРНОЇ УСТАНОВКИ КОТЛА ТГМП-314

Представлено результати реконструкції проектних калориферів котлів ТГМП-314 із секціями санітарно-технічних калориферів КФСО-II і КФБО-II на секції енергетичних калориферів (СО-110). Послідовне встановлення стінок калориферів підвищує коефіцієнт теплопередачі приблизно в 1,6 рази порівняно з паралельним включенням, що за однакової кількості секцій дає можливість збільшити швидкість повітря в калориферах вдвічі, а також підвищує рівномірність температурного поля в коробі перед РПП.

Ключові слова: котел, калорифер, повітропідігрівник, турбіна, паливо, температура, навантаження.

T. RYMAR, M. ZAYATS

FEATURES OF REPLACEMENT OF THE ТГМП-314 BOILER HEATING INSTALLATION

Thermal power stations play the main role not only in carrying the base load, but also in ensuring the coverage of peak and semi-peak loads of electricity consumption. Improving the operational maintenance of energy equipment gives a greater economic effect, since the costs of modernization of regenerative air heaters, which improve their density and thermal efficiency, are repaid in a short time. The efficiency and cost-effectiveness of the operation of regenerative air heaters was increased by the reconstruction of the heating installation. The results of the reconstruction of the design heaters of the ТГМП-314 boilers with sections of sanitary-technical heaters КФСО-II and КФБО-II with replacement by sections of energy heaters (СО-110) are presented. The improved heating installation is installed in front of each regenerative air heater of the ТГМП-314 boiler and is made of two walls placed sequentially according to the air movement, in each of which 12 sections of reconstructed СО-110 heaters with a downward movement of the heating steam flow are installed. An important advantage of the proposed sequential installation of radiators is an increase in the uniformity of the temperature field in the box in front of the regenerative air heater due to two-stage air heating. Sequential installation of radiator walls increases the heat transfer coefficient approximately 1.6 times compared to parallel connection, which makes it possible to double the air speed in the radiators for the same number of sections. The possibility of formation of stagnant zones of sections of СО-110 heaters is excluded. In this case, it is recommended to reconstruct single-pass radiators with the installation of a pipe board and heating steam condensate removal chambers. The high efficiency of the improved heating installation made it possible to carry out all boiler ignitions with the possibility of supplying flue gases immediately through the RAH.

Key words: boiler, calorifier, air heater, turbine, fuel, temperature, load.

Вступ

Технічний стан обладнання об'єктів теплоенергетики України встановленого на електростанціях викликає серйозні побоювання, які зумовлені, в першу чергу, довготривалістю терміну його експлуатації. Більшість обладнання має напрацювання, що перевищує ресурс експлуатації. Ступінь зносу обладнання зумовлює його низьку ефективність за умов роботи в змінних режимах глибокого регулювання часткового навантаження [1].

Із аналізу роботи енергоблоків 300 МВт, які на сьогоднішній день працюють на електростанціях України, можна зробити висновок, що більшість із них укомплектовані котлами ТГМП-314 та регенеративними повітропідігрівниками (РПП) РПП-88 та РПП-98. Безпечна, надійна та економічна робота РПП повинна відповідати вимогам ПТЕ [2].

Основну роль теплові електричні станції (ТЕС) відіграють не тільки в несенні базового навантаження, але й в забезпеченні покриття пікових і півпікових навантажень споживання електроенергії.

Удосконалення експлуатаційного обслуговування енергетичного обладнання дає більший економічний ефект, оскільки затрати на модернізацію регенеративних повітро-підігрівників, за якої покращується їхня щільність і тепла ефективність, окуповуються у короткі терміни.

Мета роботи

Підвищити ефективність та економічність роботи РПП, за рахунок проведення реконструкції калориферної установки котла ТГМП-314. Виключити можливість утворення застійних зон секцій калориферів СО-110. У цьому випадку рекомендується реконструювати калорифери на одноходові з установленням трубної дошки та камер відведення конденсату грійоючої пари.

Аналіз останніх публікацій та досліджень

Калориферні установки є необхідною складовою частиною котельних агрегатів, які працюють на твердому та рідкому паливі з високим вмістом сірки [3]–[5]. Парові калорифери працюють з використанням низькопотенційної теплоти із відборів парових турбін та їхня ефективність роботи значною мірою визначається показниками економічності та надійності енергоблоків. Особливо це важливо для котлів, в яких спалюється сірчистий мазут.

Калориферні установки котлів ТГМП-314 проектувались з розрахунку попереднього підігрівання повітря перед РПП до 52 °С паром *VI* відбору турбіни К-300-240 з номінальним тиском в камері відбору 0,2 МПа [4], [6], [7]. На перших впроваджених проектних калориферах котлів ТГМП-314 використовувались секції санітарно-технічних калориферів КФСО-II і КФБО-II. Врахувавши не-

© Т. І. Рymar, М. Ф. Заяць, 2022

доліки експлуатації, а саме, недостатнє підігрівання повітря та низьку надійність у процесі експлуатації енергоблоків секції санітарно-технічних калориферів були замінені секціями енергетичних калориферів (СО-110). Секції енергетичного калорифера складаються з горизонтально-розміщених дрютяно-оребrenних труб і вертикальних колекторів, розрахованих на тиск пари до 2,5 МПа і температуру 300 °С (рис. 1).

Дрютяне оребrenня труб суттєво підвищує коефіцієнт теплопередачі і забезпечує меншу їхню металоємність в 2–3 рази порівняно із гладкою трубою.

Для підігрівання повітря перед кожним РПП проектом реконструкції передбачалось встановлення 16 секцій калориферів СО-110. Дослідження та аналіз роботи такої установки для попереднього підігрівання повітря виявив суттєві недоліки типової конструкції калориферів СО-110, що полягають в підвищеній нерівномірності нагрівання повітря по перетину повітропроводу, пошкодженні трубок секцій і утворенні нещільностей, особливо у зварних з'єднаннях.

Внаслідок утворення застійних зон і припинення циркуляції гріючого потоку повітря спостерігались масові пошкодження трубок секцій за від'ємної температури повітря на стороні всмоктування дутьових вентиляторів [4], [6], [7]. Температура повітря за калориферами не перевищувала 75 °С за тиску гріючої пари 0,2 МПа.

Обговорення результатів

Для виключення можливості утворення застійних зон секцій калориферів СО-110 рекомендується реконструювати на одноходові з установленням трубної дошки і камери відведення конденсату гріючої пари (рис. 2).

Удосконалена калориферна установка встановлена перед кожним повітропідігрівником котла ТГМП-314 та виконана з двох послідовно розміщених за рухом повітря стінок, у кожній з яких встановлено 12 секцій реконструйованих калориферів СО-110 з опускним рухом потоку гріючої пари (рис. 3).

Послідовне встановлення стінок калориферів підвищує коефіцієнт теплопередачі приблизно в 1,6 рази порівняно з паралельним включенням секцій калориферів за повітрям, що за однакової кількості секцій дає можливість збільшити швидкість повітря в калориферах вдвічі. Отже, за однакового нагрівання повітря в калориферній установці з послідовним розміщенням стінок сумарна поверхня нагрівання її та кількість секцій калориферів у ній зменшується пропорційно підвищенню коефіцієнта теплопередачі.

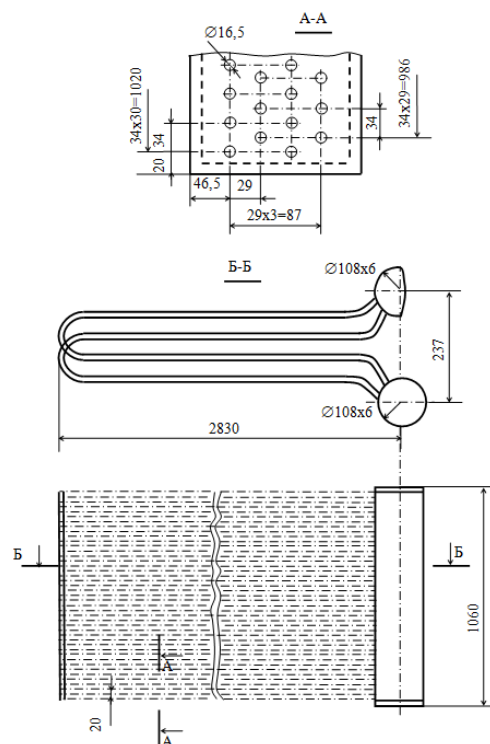


Рис. 1 – Калориферна установка котла ТГМП-314 до реконструкції

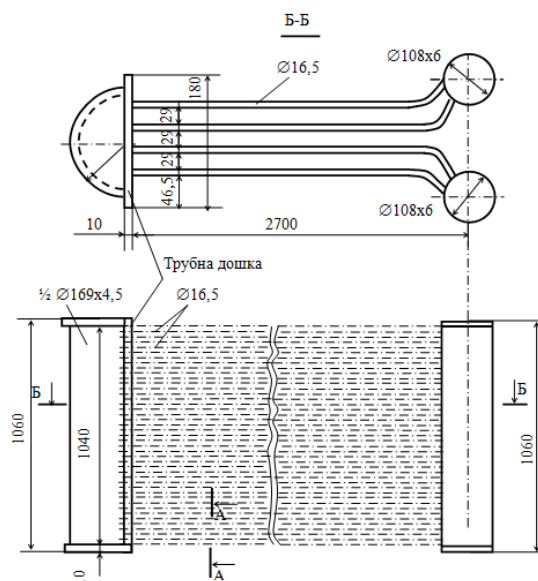


Рис. 2 – Рекомендована реконструкція калориферної установки типу СО-110 котла ТГМП-314

Важливою перевагою запропонованого послідовного встановлення калориферів є підвищення рівномірності температурного поля в коробі перед РПП завдяки двоступеневому підігріванню повітря. У режимах часткового навантаження енергоблоку 80 %–110 % номінального в такій калориферній установці забезпечується стійке попереднє підігрівання повітря до 95 °С–90 °С низькопотен-

ційною парою VI відбору турбіни. У разі зниження навантаження енергоблоку від 80 % до 40 % номінального температура попереднього підігрівання повітря збільшується до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ за рахунок підключення калориферної установки до V відбору турбіни.

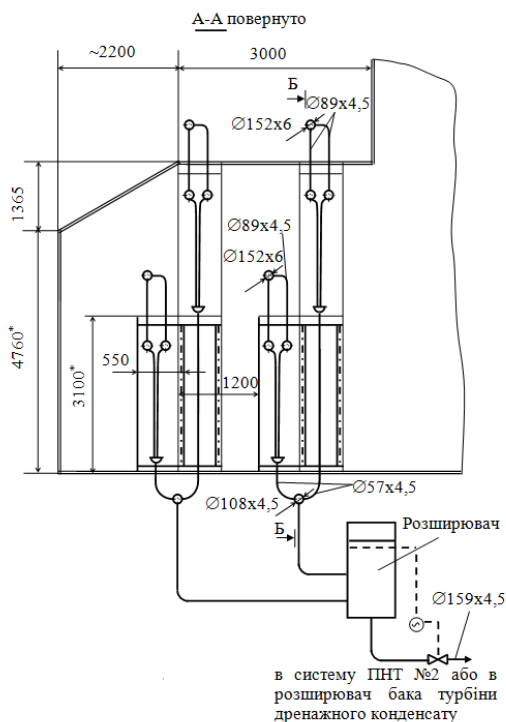


Рис. 3 – Калориферна установка типу CO-110 на котлі ТГМП-314 (після реконструкції)

У режимах розпалювання котла попереднє підігрівання повітря забезпечується на рівні $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ з використанням гріючої пари від загально-станційного парового колектора з тиском $0,236\text{ МПа}$. Згідно з розрахунковими даними, вказані рівні попереднього підігрівання повітря повинні стійко і надійно забезпечуватись за температур повітря на стороні всмоктування дуттьових вентиляторів не нижче мінус $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Під час експлуатації калориферних установок з температурою повітря нижче мінус $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігались випадки різкого зниження температури попереднього підігрівання повітря, особливо в режимах навантаження енергоблоків після нічного мінімуму, що було наслідком порушення циркуляції потоку гріючої пари в трубках секцій першої стінки калориферів внаслідок їхнього надмірного теплового навантаження.

Важливою умовою надійної і економічної роботи калориферної установки є вибір схеми трубопроводів відведення конденсату гріючої пари, яка забезпечує надійний гідродинамічний режим протікання двофазного середовища і виключає про-

скоки гріючої пари. Таким вимогам задовольняє схема відведення конденсату гріючої пари, виконана стосовно до котлів ТГМП-314 (рис. 3).

Опір калориферної установки котла ТГМП-314 у разі очищених поверхонь калорифера складає 80 – 100 Па .

Одним із недоліків трубок з дротяним оребрением є їхнє інтенсивне забруднення з повітряної сторони. Тому навіть у випадку роботи на відносно чистому повітрі через 5000 – 7000 годин експлуатації аеродинамічний опір калориферної установки зростає до 120 – 140 Па . Водне обмивання калориферів у планових ремонтах знижує аеродинамічний опір установок до розрахункового рівня.

З метою зменшення аеродинамічного опору калориферної установки котла ТГМП-314 до 34 – 35 Па доцільно збільшувати кількість секцій енергетичних калориферів у ній до 16 в кожній стінці. Таке збільшення поверхні нагрівання калориферної установки енергоблоку 300 МВт особливо актуальне під час заповнення ротора повітропідігрівника ефективною набивкою гарячої частини, коли для збереження температури стінки набивки на рівні $135\text{ }^{\circ}\text{C}$ в режимі номінального навантаження енергоблоку потрібне буде підвищення температури попереднього підігрівання повітря до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ з використанням теплоти низькопотенційної пари VI відбору турбіни.

Висока ефективність удосконаленої калориферної установки дала можливість проводити всі розпалювання котлів з подаванням димових газів відразу через РПП. У цьому випадку можна демонтувати байпаси РПП з газової сторони і буде виключена можливість перетікання гарячих газів через повітропідігрівник на сторону всмоктування димотягів через нещільності шибєрів байпасів, що сприяє підвищенню економічності, спрощенню режиму експлуатації газоповітряної схеми котла.

Під час планових зупинок енергоблоків згідно з існуючою технологією вимагається відмивання конвективних поверхонь нагрівання котла. Для випарювання вологи короткочасно розпалюють котел, що збільшує тривалість простоювання енергоблоку у ремонті та вимагає додаткової витрати палива. Для скорочення часу ремонту і спрощення режиму виведення енергоблоку в плановий ремонт доцільне підключення удосконаленої калориферної установки за гріючою парою до загально-станційного парового колектора $1,3\text{ МПа}$. Це дасть можливість виконувати суху консервацію поверхонь нагрівання котла після водняних відмивань повітрям, яке нагріте в калориферній установці до температури $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ за температури насичення гріючої пари $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $190\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Враховуючи, що в режимі мінімальних навантажень електростанції живлення загально-станційного колектора $0,24\text{ МПа}$ здійснюється за допомогою редуційно-охолоджуючої установки

(РУ 1,3/0,24) із загально-станційного парового колектора 1,3 МПа, з метою спрощення теплової схеми, доцільно відключити подавання пари з колектора 0,24 МПа до калориферної установки у разі підключення її до колектора 1,3 МПа. Для збереження проектних умов захисту турбіни від розгону сторонньою парою через V і VI відбори пропускна здатність паропроводу від колектора до калориферної установки повинна вибиратись рівною пропускній здатності проектного паропроводу від колектора 0,24 МПа.

Висновки

1 Врахувавши недоліки експлуатації проектних калориферів котлів ТГМП-314, а саме, недостатнє підігрівання повітря та низьку надійність в процесі експлуатації енергоблоків 300 МВт секції санітарно-технічних калориферів були замінені секціями енергетичних калориферів (СО-110).

2 Удосконалена калориферна установка встановлена перед кожним повітропідігрівником котла ТГМП-314. Вона виконана із двох послідовно розміщених за рухом повітря стінок, у кожній з яких встановлено 12 секцій реконструйованих калориферів СО-110 з опускним рухом потоку грюючої пари.

3 Послідовне встановлення стінок калориферів підвищує коефіцієнт теплопередачі приблизно в 1,6 рази порівняно з паралельним включенням секцій калориферів за повітрям, що за однакової кількості секцій дає можливість збільшити швидкість повітря в калориферах вдвічі.

4 Перевагою запропонованого послідовного встановлення калориферів є підвищення рівномірності температурного поля в коробі перед РПП завдяки двоступеневому підігріванню повітря.

Список літератури

1. Омеляновський П. Теплова енергетика – нові виклики часу / П. Омеляновський, Й. Мисак. – Львів : НВФ «Українські технології», 2009. – 660 с.
2. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж : посіб. Том I і II / За ред. Й. С. Мисака. – Київ : ОЕП «ГРІФРЕ», 2008. – 1110 с.

3. Добряков Т. С. Воздухонагреватели котельных установок / Т. С. Добряков, В. К. Мигай, В. С. Назаренко, И. И. Надиров, И. И. Федоров. – Энергия, 1977. – 184 с.
4. Випробування регенеративних повітропідігрівників типу РПП-54М2 котла ТПП-100 ст. № 7 : технічний звіт / виконав. П. Гут, М. Клуб, Ю. Добрянський. – Львів : ОРГЕС, 2012. – Інв. №18826/2897.
5. Рymar, Т. І. Теплообмінні і гідродинамічні характеристики уніфікованих набивок пакету холодного шару регенеративного обертового повітропідігрівника / Т. І. Рymar // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2021. – № 3(7). – С. 51–54. – Бібліогр.: 28 назв. – ISSN 2078-774X (print). – ISSN 2707-7543 (on-line). – <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.03.07>.
6. Мисак Й. С. Дослідження ефективності роботи котлів за рахунок вдосконалення РПП / Й. С. Мисак, М. Ф. Заяць // Вісник Інженерної академії України. – 2017. – Том 1, № 1. – С. 235–238.
7. Мисак Й. С. Дослідження економічних показників роботи модернізованого РПП-98 / Й. С. Мисак, М. Ф. Заяць, Т. І. Рymar // Енерготехнології та ресурсосбереження. – 2017. – № 4. – С. 27–34. – ISSN 2413-7723.

References (transliterated)

1. Omelianovskiy P., Mysak Y. (2009), *Теплова енергетика – нові виклики часу* [Thermal energy – new challenges of the time], NVF “Ukrainski tekhnolohii”, Lviv, 660 p.
2. Mysaka Y. S. (Ed.) (2008), *Pravyla tehnicnoi' ekspluatatsii' elektrychnykh stancij i mrezh* [Rules of technical operation of electrical stations and networks], Vol. I і II, OEP “HRIFRE”, Kyiv, 1110 p.
3. Dobryakov T. S., Myhay V. K., Nazarenko V. S., Nadyrov I. I., Fedorov I. I. (1977), *Vozduhopodogrevateli kotel'nykh ustanovok* [Air heaters for boiler plants], Enerhiya, 184 p.
4. Hut P., Klub M., Dobrianskyi Yu. (2012), *Vyprobuvannja regeneratyvnykh povitropidigrivnykiv typu RPP-54M2 kotla TPP-100 st. № 7* [Testing of regenerative air heaters of the RAH-54M2 type of the boiler TPP-100 art. No. 7], No. 18826/2897, ORHRES, Lviv.
5. Rymar T. (2021), “Heat Exchange and Hydrodynamic Characteristics of Unified Package of Cold Layer of RAH”, *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 3(7), pp. 51–54, ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line), <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.03.07>.
6. Mysak Y. S., Zayats M. F. (2017), “Doslidzhennja efektyvnosti roboty kotliv za rahunok vdoskonalennja RPP [Study of the efficiency of boilers due to the improvement of RAH]”, *Bulletin of Engineering Academy of Ukraine*, Vol. 1, No. 1, pp. 235–238.
7. Mysak Yo. S., Zayats M. F., Rymar T. I. (2017), “Doslidzhennja ekonomichnykh pokaznykiv roboty modernizovanogo RPP-98 [Researches of Economic Indicators of Work Modernized RAH-98]”, *Energy technologies and resource saving*, no. 4, pp. 27–34, ISSN 2413-7723.

Надійшла (received) 15.11.2022

Відомості про авторів / About the Authors

Рymar Тетяна Іванівна (Rymar Tetiana) – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна; e-mail: Tetiana.I.Rymar@lpnu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7662-2063>.

Заяць Марія Федорівна (Zayats Mariya) – старший викладач ЗВО, старший викладач кафедри теплоенергетики, теплових та атомних електричних станцій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна; e-mail: Mariia.F.Zaiats@lpnu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8899-9036>.