МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року

Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

НТБ ОНАХТ

УДК 621.31(075.8)
ББК 31.2я73
3-41

Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

За достовірність інформації
відповідає автор публікації

Збірник наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціювання; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)
ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія харчових технологій, 2020

Секція 1:

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ»

НТБ ОНАХТ

відсутність вологи у складі палива, що дає можливість зекономити на транспортних витратах. Не слід також забувати про екологічний аспект.

Для реалізації поставлених задач була створена експериментальна установка на основі а-калориметра, принцип дії якої засновано на теорії регулярного режиму.

Метод монотонного теплового режиму [4] ґрунтується на закономірностях наближеного аналізу нелінійного рівняння теплопровідності та дозволяє з одного досліду отримати температурну залежність досліджуваного параметра у всьому інтервалі нагрівання.

При проведенні досліджень експериментальні досліди було розділено на три групи: фізичні, хімічні та теплофізичні.

Хімічні методи досліджень полягали в експериментальному визначенні кількості золи у біопаливі. При спалюванні вуглець, водень, азот і частково кисень випаровуються і залишаються лише нелеткі оксиди.

Метод визначення коефіцієнта температуропровідності твердого тіла, в даному випадку – сипкого матеріалу, розміщеного в а-калориметрі, складається із охолодження його середовищі з постійною температурою, при цьому повинна виконуватись умова: коефіцієнт тепловіддачі $\alpha \to \infty$, що відповідає критерію Біо.

Остання обставина забезпечує рівність температур рідини і а-калориметра на його межах, що може бути реалізовано при охолодженні а-калориметра у воді.

Коефіцієнт теплопровідності сипкого матеріалу визначали за допомогою двохскладного а-калориметра з використанням залежності, запропонованою Г.М. Кондратьєвим.

В результаті проведених серій експериментів визначені коефіцієнти температуропровідності, тепловіддачі и теплопровідності для 3 видів сировини біопалива.

Інформаційні джерела

1. Листопад В. Л., Кухта В. Г. Рынок лузги подсолнечника в Украине и реализация проектов по производству твердого топлива в масложировой отрасли. Масложировой комплекс. – 2010. – №2(29). – С. 16-20.

2. Калетнік Г.М. Енергозабезпечення України та можливості за діяння потенційних джерел відтворювальної енергії // Вісник аграрної науки. – 2008. –№10. – С. 52-55.

3. Справочник. Технологии и оборудование для сжигания древесных отходов и других видов экологически чистого топлива. – 2006. – С.-Петербург. – 140 с.

4. Лабай В.Й. Тепломасообмін.– 1998. – Львів: Тріада Плюс. –256 с.

УДК 621.18-9

ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS

Zhitarenko V., ass., Bejan V. PhD, assoc. prof.,
Pryazovskyi State Technical University, Mariupol

In the last decade, highly efficient combined power plants based on modern cycles and processes have been actively introduced in the thermal power industry. In addition, the widespread use of microelectronics and computer control systems can further increase the efficiency of operation of both existing power plants and new ones. Increasing prices for primary energy sources and their scarcity require the development and implementation of a wide range of energy-saving measures. One of the ways of energy saving in the production of thermal energy at thermal power plants and boilers is to choose the optimal modes of operation of the equipment. The modes of operation are

largely determined by the characteristics of a particular consumer: daily, weekly and seasonal load schedules, the structure and equipment of existing energy supply systems, and the technical ability to connect to centralized networks. In addition, it is necessary to consider the circuit solutions, the characteristics of not only the power plant and other elements of the scheme, the climatic conditions of the region and much more.

The issues of mathematical, technical and economic analysis of the efficiency of combined technologies, especially in the thermal power industry, are given special attention today. Developing approaches to mathematical modeling of such technologies, optimization methods and related software allows us to choose effective solutions that ultimately lead to a decrease in the cost of production.

The solution of optimal energy problems began to be engaged from the middle of the last century, when there were large energy systems, thermal power plants, combined heat and power plants.The undisputed letters in the formation of processes of optimization in the energy sector, far ahead of their time appeared the works of Venikov and Hornstein, and a significant contribution to the development of optimization in heat power is to make the school of the Saratov Polytechnic Institute (now – SGTU) under the leadership of A. Andryushchenko. A number of works of this school have not lost their significance even now [1-9].

Object of study – boiler block of medium pressure of CHPP-1 of OJSC Maripol Metallurgical Combine named after Ilyich, which includes 4 boilers CKTI-75 / 39F-2-4 and 2 boilers TP-150-2. All boilers operate on a common steam collector of 32 atm, at the temperature of 420 ^{o}C. Fuel is a mixture of blast furnace gas and natural gas in the ratio of 0.7-0.9 volume particles. The characteristics of the blast furnace gas are not constant: the elemental composition, humidity and dustiness of the blast furnace gas changes significantly.

Specific operating conditions of medium pressure boilers in CHPP-1 in addition to the above are:

- work of boilers No. 7-10 on individual chimneys, and two TP-150-2 - on a common pipe;
- presence in the thermal scheme of the CHPP-1 bypass turbine of the P-12 pressure and in parallel the included backup high-speed reduction and cooling installations between the steam lines of the hot steam 100 atm and 32 atm;
- on the boilers of CKTI -75 / 39F-2-4 and TP-150-2 the same direct-flow flat-burner burners (two) are installed, despite the fact that the productivity and volume of furnaces differ significantly.

Boiler No. 10 is being reconstructed by replacing all surfaces of heating, cladding, appliances and automation. This allows to determine the nature of the change in the operational characteristics of the boiler as contamination and wear of the heating surfaces.

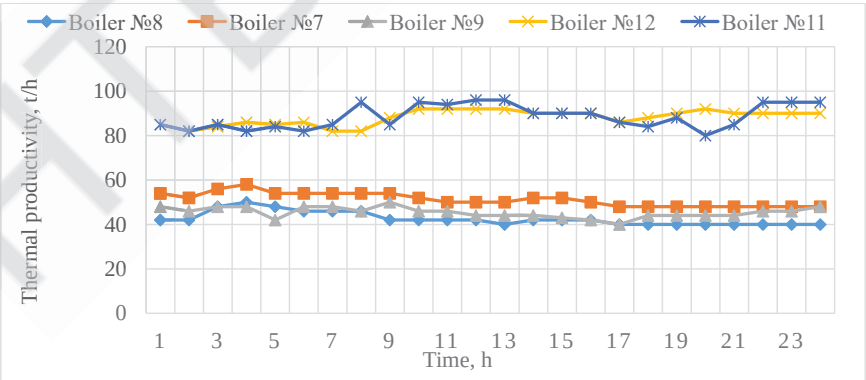


Fig. 1 – Change in boiler load during the day

Figure 1 shows the performance changes of each boiler. Characteristic of the CKTI and TP boilers is the general pattern of shifting during the day associated with shift work. The total productivity change interval of all boilers is 30 t/h, ie. it is the average life within which load redistribution between boilers is possible.

The determination of the fraction of the convective component was carried out using a non-stationary heat meter. The diagram of the non-stationary thermometer is shown in Figure 2. The non-stationary thermometer consists of a housing (3) in which a sensitive element (SE) (5) representing a 1H18N9T steel cylinder is pressed. A CA (Chromel-Alumel) thermocouple is inserted into the sensing element. The holder (1) is welded to the housing by which the thermometer is placed in the boiler furnace. The heat meter is made according to the design and recommendations given in [10].

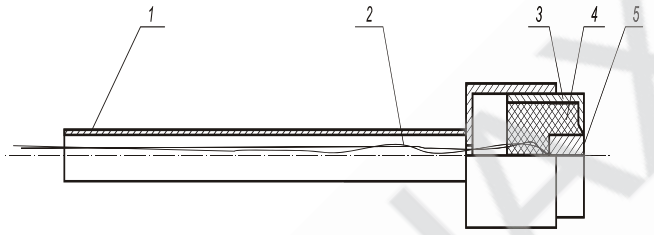


Fig. 2 – Scheme of non-stationary heat meter.

1 – holder; 2 – thermocouple outputs; 3 – hull; 4 – insulating filler; 5 – sensitive element.

The heat meter was injected into the furnace through the inspection hatches so that the end surface of the thermometer with SE was in the same plane with the screen tubes. Convective component was determined in relation to the heat fluxes falling on the sensing element with the mirror and blackened surfaces. Blackening of the surface of the SE was carried out with a mixture of soot and glue BF. Such a surface has a degree of blackness of 0.97-0.98. The polished surface of THE made of H18N9T steel has a blackness of 0.08-0.09.

The absolute value of the heat flux density was determined according to the theory of non-stationary regular heating of the SE by measuring the time interval during which the temperature of the SE increased from 100 to 150 °C. The temperature was recorded with a digital thermometer with an error of 0.5°C, time with a stopwatch.

The regular mode of change of temperature in time is linear in an arbitrary point WH for two moments of time. For SE with a degree of blackness of the surface close to 1:

$$\alpha_r + \alpha_c = \frac{(\ln\theta_1 - \ln\theta_2)}{\Delta\tau_{rc} F_m} \rho_m c_m V \psi_{rc}, \quad (1)$$

where α – the coefficient of heat transfer by radiation and convection, respectively; θ_1, θ_2 – temperature SE at the end and at the beginning of heating; $\Delta\tau$ – time of heating SE; ψ – coefficient of unevenness of the temperature field SE; ρ_m, c_m, F_m, V – density, heat capacity, heat exchange area, and volume of SE material; r and k – indices relating to heat exchange by radiation and convection.

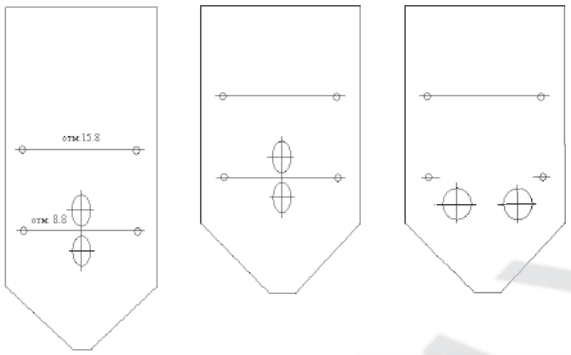
For SE with a degree of blackness of the surface close to zero:

$$\alpha_c = \frac{(\ln\theta_1 - \ln\theta_2)}{\Delta\tau_c F_m} \rho_m c_m V \psi_c \quad (2)$$

Preliminary calculations showed that at $\alpha_c \approx 0.25\alpha_{rk}$, the ratio of the coefficients of irregularity of the temperature fields is SE equal $\psi c_к \approx 0.94\psi_{rk}$.

Accordingly, with the same temperature range of heating SE, we obtain:

$$\frac{\alpha_r + \alpha_c}{\alpha_c} = \frac{\Delta\tau_c}{\Delta\tau_{rc}} \frac{\psi_{rc}}{\psi_c} \tag{3}$$



a) b) c)

Figure 3 – Schemes of measurements of heat flows on boilers:
a) – TP 150 ; b) – CKTI 75 №№ 7,9; c) – CKTI 75 №№ 8,10.

Or the fraction of the convective component in the total heat flux:

$$\frac{q_c}{q_{rc}} = 1 - \frac{\alpha_r}{\alpha_{rc}} = 1 - \frac{\Delta\tau_{rc}}{\Delta\tau_r} \frac{\psi_r}{\psi_{rc}} \tag{4}$$

In this case, it is necessary to consider the coefficient of transition from the washing of the flat surface (SE thermometer) to the washing of the cylindrical surface (screen tube). According to [10] this coefficient is about 0.7.

Finally, the calculation of the proportion of the convective component was performed by the formula:

$$\frac{q_c}{q_{rc}} = 0.7(1 - 0.94\frac{\Delta\tau_{rc}}{\Delta\tau_r}) \tag{5}$$

Figure 3 shows the points of measurement of local heat fluxes in the furnace of boilers CKTI-75 and TP-150.

For the mathematical model developed, it was important not the absolute value of the heat flow in the furnace, but the proportion of the convective component, since it was necessary to confirm the validity of the method of calculation of complex heat transfer in the furnace when combining a mixture of natural and blast furnace gases.

As expected, the maximum level of incident streams is fixed at the burner level. As the fuel burns, the level of heat flows decreases. As the heat fraction of the blast furnace gas increases, the absolute value of the local incident fluxes decreases. The average share of the convective component is at the level of 15-20%.

Conclusions

The developed mathematical model for the considered boilers of medium pressure allows to perform calculations of all parameters of heat carriers, technical and economic performance of boilers in the whole range of operating modes. According to the developed method, the proportion of convective component in the furnace was measured, which averaged 20-25%.

Tests of boilers TP-150 and CKTI-75/39F-2-4 were carried out on the main operational modes, which allowed to determine the coefficients of efficiency and pollution of convective heating surfaces. Their values were 1.2 – 1.5 times lower than recommended by regulatory methods. On the

basis of the obtained experimental coefficients of efficiency and pollution of the heating surfaces, the mathematical model was adapted to real conditions. Features of heat exchange in the furnace were taken into account by a special method developed for calculations in the flat-torch combustion of the blast-natural mixture. Analysis of the results of the calculation and tests showed sufficient convergence in most parameters. This allows you to calculate the performance of boilers in all operating modes.

Literature

1. Gornstein, V.M. Methods of optimization of modes of power systems / V.M. Gornstein, B.P. Miroshnichenko, A.V. Ponomarev et al .; ed. V.M. Hornstein. - M .: Energy, 1981. – 336 p.
2. VA Venikov, VG Zhuravlev, TA Filippova. Optimization of modes of power plants and power systems. –M .: Energoatomizdat, 1990. - 352 p.
3. Andryushchenko AI Optimization of thermal cycles and CHPP processes [Text]: [Textbook. allowance for heat power. specialties of higher education institutions] / AI Andryushchenko, AV Zmachinsky, VA Ponyatov. - M .: Higher. school, 1974. - 279 p.
4. AI Andryushchenko, RZ Aminov. Optimization of operating modes and parameters of thermal power plants / AI Andryushchenko, RZ. Aminov // M .: Higher. school, 1983. - 255 p.
5. Aminov R.Z. Vector optimization of operating modes of power plants / R.Z. Aminov. - M.: Energoatomizdat, 1994. - 304s.
6. Wenzel ES Operations research. - Moscow: Sov. radio, 1972.
7. Bellman R. Dynamic programming. - M .: In. lit., 1960.
8. Kalikhman IL Dynamic programming in examples and problems [Text] / IL Kalikhman, MA Voitenko. - M. Higher. 1979. - 215 p.
9. Zhukov, VP, Barochkin, EV, & Ulanov, DA (2009). Load distribution between turbines of a thermal power plant using the Bellman optimality principle. Bulletin of the Ivanovo State Energy University, (3), 11-14.
10. Madejski, P., Janda, T., Modliński, N., & DanielNabagło (2016). A Combustion Process Optimization and Numerical Analysis for the Low Emission Operation of Pulverized Coal-Fired Boiler.
11. Maximov A. (2008) Radiative Heat Transfer In Boiler Furnaces
12. Mehdizadeh, H., Alishah, A., & Astani, S.H. (2016). Study on performance and methods to optimize thermal oil boiler efficiency in cement industry.
13. Gómez, A., Fueyo, N., & Díez, L.I. (2008). Modelling and simulation of fluid-flow and heat transfer in the convective zone of a power-generation boiler.
14. Hashimoto, Nozomu & Watanabe, Hiroaki. (2016). Numerical analysis on effect of furnace scale on heat transfer mechanism of coal particles in pulverized coal combustion field. Fuel Processing Technology. 145. 20-30. 10.1016/j.fuproc.2016.01.024.
15. Zhang, Y., Luo, R., Dou, Y., & Zhou, Q. (2018). Combustion Characteristics and NO x Emission through a Swirling Burner with Adjustable Flaring Angle.

ЗМІСТ

Секція 1 «АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ»…….. 3

ENERGY INDICATORS OF OPERATION THE HEAT PUMPING SYSTEM HEATING OF THE ENERGY EFFICIENT HOUSE
Basok B.I., Nedbailo O.M., Bozhko I.K., Tkachenko M.V…… 4

РОЛЬ ФЛУКТУАЦІЙ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ФУНКЦІЙ В РОЗРОБЦІ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН
Железний В.П., Мотовой И.В., Глек Я.О., Ханчич Е.Ю…… 5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВА РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕНН
Волчок В.О., Кравченко В.В…….. 8

ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS
Zhitarenko V., Bejan V…… …… 9

ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS
Zhitarenko V., Bejan V., Ostapenko O., Yakovleva O……..... 14

ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ
Л. Л. Васильев, А. С. Журавлёв,Л. П. Гракович, М. И. Рабецкий, В. А. Олехнович; А. А. Хартоник…… 18

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ
Георгієш К.В…….. 23

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙ ЛОПАТОК ТУРБІНИ ПРИ ПЕРЕКЛАДІ ЇЇ НА ЧАСТКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ
Корольов А.В., Михайлов М.С., Комарова-Ракова Я.О…….. 25

АНАЛИЗ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДВУХ ТИПОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ
Королев А.В., Павлышин П.Я…… 26

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛООБМІННИКА АВАРІЙНОГО РОЗХОЛОДЖУВАННЯ
О.В. Корольов, Т. В. Пирогов…… 28

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИДІВ НАСАДОК РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ
Кошельнік О.В., Гойсан С.Б., Долобовська О.В…….. 29

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ КИПІННЯ РОЗЧИНІВ У СТІКАЮЧІЙ ПЛІВЦІ В КАМЕРАХ ВИПАРНИХ АПАРАТІВ
Кошельнік О.В., Павлова В.Г.,Долобовська О.В……..... 31

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»

29-30 вересня 2020 року

(українською, російською, англійською мовами)

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.

НТБОНАХТ