

УДК 621.181.7(07)

DEPENDENCE OF HOT-WATER SHELL TYPE BOILER OPERATION FROM ITS OPERATING CONDITIONS

Yu. Porzhezinskiy, O. Naumenko

National University of Food Technologies

Key words:

Hot-water shell type boiler
Heat exchange
Load
Fuel
Temperature
Efficiency factor

Article history:

Received 06.09.2014

Received in revised form
25.09.2014

Accepted 27.10.2014

Corresponding author:

O. Naumenko

Email:

naumenkoo@list.ru

ABSTRACT

The results of analytical research of thermotechnical characteristics variation of 4 megawatt shell-type boiler "Kolvi Eurotherm", when changing such regime parameters as productivity, excess air coefficient, return temperature of water and heating oil humidity, are presented. The expediency of application of heat exchange intensifiers in fire-tube beam pipes is shown. Research results can be used for saving the fuel during the exploitation of shell-type boilers and in an educational process.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ НА РОБОТУ ВОДОГРІЙНОГО ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА

Ю.Г. Поржезінський, О.П. Науменко

Національний університет харчових технологій

У статті подано результати аналітичного дослідження впливу зміни теплотехнічних характеристик роботи жаротрубного котла фірми «Колві Євротерм» потужністю 4 МВт за зміною режимних параметрів: продуктивності, коефіцієнта надлишку повітря, температури зворотної води, вологості мазуту. Доведено доцільність застосування інтенсифікаторів теплообміну в трубах димгарного пучка. Результати досліджень рекомендовано використовувати при експлуатації жаротрубних котлів з метою економії палива та в навчальному процесі.

Ключові слова: *водогрійний жаротрубний котел, теплообмін, навантаження, паливо, температура, коефіцієнт корисної дії.*

Сучасні зарубіжні котлобудівні заводи виготовляють жаротрубні водогрійні котли потужністю від 0,25 до 20 МВт. В Україні жаротрубні котли виго-

товляються ТОВ «Колві Євротерм», промисловою групою «Генерація» (Монастирищенський машинобудівний завод), ПАО «Азовобщемаш» (м. Мелітополь).

Жаротрубні котли широко впроваджуються в районних комунально-побутових котельнях, дахових котельнях, у промисловості, тому дослідження їх роботи при зміні режимів експлуатації є актуальним і своєчасним.

Методика теплового розрахунку котла в нормативному методі [1] не містить рекомендацій щодо розрахунку жаротрубної топки і димогарного пучка з інтенсифікаторами теплообміну.

Для інтенсифікації теплообміну в димогарному пучку фірма «Колві Євротерм», компанія «ENTROPIE» (Росія) та інші в димогарних трубах розміщують спіральні дротяні вставки з нержавіючої сталі діаметром 5 мм, фірма «HARGASSNER» — стрічкові вставки.

Авторами виконаний тепловий розрахунок водогрійного жаротрубного котла на основі нормативного методу [1] і досліджень [2, 3] з урахуванням усіх відмінностей жаротрубного котла від вертикально-водотрубного.

Результати теплового розрахунку котлів типу «Колві Євротерм» дали відхилення від результатів виробничих досліджень котлів [4] у допустимих межах (6—8 %), тому розроблений розрахунок був використаний для аналітичного дослідження роботи водогрійного жаротрубного котла.

При застосуванні в димогарних трубах вставки-інтенсифікатора відбувається збільшення інтенсивності конвекційного теплообміну між потоком газу та стінкою труби за рахунок збільшення швидкості турбулізації потоку (закручування потоку) та за рахунок променистого тепловипромінювання від вставки, температура якої вища за температуру стінки труби. Застосування інтенсифікаторів значно покращує показники роботи котла та підвищує коефіцієнт корисної дії (табл. 1). У табл. 1 представлені результати теплового розрахунку жаротрубного водогрійного котла фірми «Колві Євротерм» потужністю 4 МВт (теплота згорання палива та коефіцієнт надлишку повітря $\alpha_T=1,1$).

Таблиця 1. Показники роботи котла при застосуванні інтенсифікаторів теплообміну

	Гладка труба	Дротова вставка	Стрічка
Потужність котла, кВт	4000		
Паливо	газ		
Коефіцієнт корисної дії, %	85,83	92,086	93,8
Витрата палива, B_p , кг/с чи m^3/c	0,133	0,124	0,121
Температура відхідних газів, °С	280	160	125
Втрати з відхідними газами, %	13,37	7,114	5,323
Сумарний коефіцієнт тепловіддачі в жаротрубному пучку, Вт/(m^2K)	46,225	63,392	73,73

У процесі експлуатації водогрійного котла умови його роботи часто відрізняються від розрахункових: змінюється навантаження котла, якість палива, температура води на вході в котел, коефіцієнт надлишку повітря в топці, тому експлуатаційному персоналу необхідно знати вплив цих змін на показники роботи котла з метою зменшення витрат палива.

Аналітичні дослідження виконані для водогрійного жаротрубного котла фірми «Колві Євротерм» потужністю 4 МВт при роботі на газі та з дровою вставкою у димогарних трубах.

Зміна навантаження

Дослідження проведені за режимами роботи котла при 70, 80, 90, 100 % навантаження при постійній температурі зворотної води на вході в котел $t_b=60$ °С та коефіцієнті надлишку повітря $\alpha_T=1,1$.

Корисно використана теплота в котлі складається з конвекційного і радіаційного теплосприйняття. Конвекційне теплосприйняття залежить від швидкості димових газів або їх об'єму, кДж/м³.

$$Q_k = f(w_{\text{газ}})^{0,8} = f\left(\frac{V}{f}\right)^{0,8}, \quad (1)$$

де f — площа перерізу газоходу, м²; V — об'єм димових газів, м³; $w_{\text{газ}}$ — швидкість димових газів, м/сек.

Ентальпія продуктів згорання, віднесена до 1 м³ палива, залежить від їх об'єму й температури, кДж/м³:

$$I = Vct, \quad (2)$$

де c — теплоємність газу, кДж/(м³ · К).

Радіаційне теплосприйняття залежить від температури димових газів, а в топці котла від теоретичної (адіабатичної) температури, кДж/м³:

$$Q_p = f(T_a). \quad (3)$$

Адіабатична температура в топці котла визначається нижчою теплотою згорання палива, кДж/м³, і теплотою, що поступає в топку разом з повітрям, К:

$$T_a = f\left(\frac{Q_p(100 - q_3) + Q_{\text{пов}}}{100}\right), \quad (4)$$

де $(Vc)_{\text{cp}}$ — середня сумарна теплоємність продуктів згорання, [кДж/(м³ · К)]; q_3 — втрати теплоти від хімічної неповноти згорання, %:

$$\vartheta_T'' = f\left(\frac{T_a}{1 + M \cdot Bu^{0,3} \left[\frac{T_a^3}{B_p \cdot (Vc)_{\text{cp}}}\right]^{0,6} + 1}\right), \quad (5)$$

де — розрахункова витрата палива, [м³/с]

При збільшенні навантаження адіабатична температура в топці практично не змінюється (див. залежність 4), бо котел працює без повітропідігрівника. Питоме радіаційне тепло сприйняття зменшується, зростає витрата палива (рис. 1), а температура газів на виході з топки збільшується (рис. 2) згідно із залежністю (5).

Питоме конвекційне теплосприйняття зростає із збільшенням об'єму димових газів (рис. 1), однак питоме теплосприйняття в жаротрубному пучку зростає повільніше, ніж ентальпія газів, згідно із залежностями (1, 2), що підтверджується постійним відносним збільшенням температури газів уздовж газового тракту котла.

За розрахунками, при зміні навантаження від 70 % до 100 % температура відхідних газів збільшується на 40 °С, а коефіцієнт корисної дії знижується (рис. 3). Зміна навантаження на 10 % в діапазоні навантаження 70—100 % призводить до перевитрати палива на 1 %.

Працювати на навантаженнях, нижчих за 70 % від номінального, небажано, з падінням температури в топці починають збільшуватися втрати теплоти від хімічної неповноти згорання q_3 .

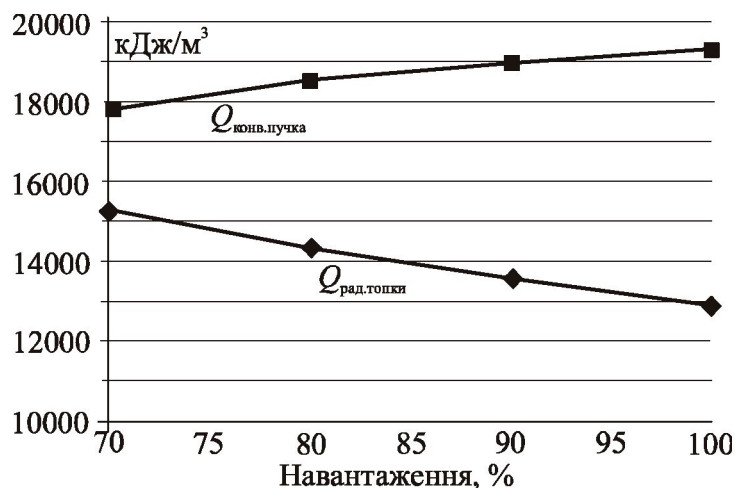


Рис. 1. Залежність теплосприйняття поверхонь нагріву від зміни навантаження

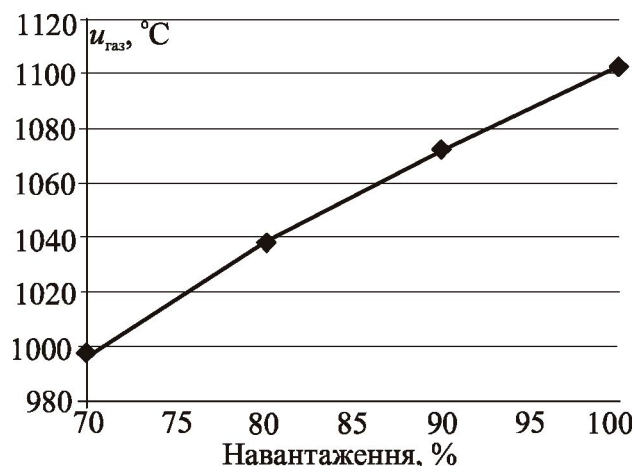


Рис. 2. Залежність температури димових газів на виході з топки від зміни навантаження

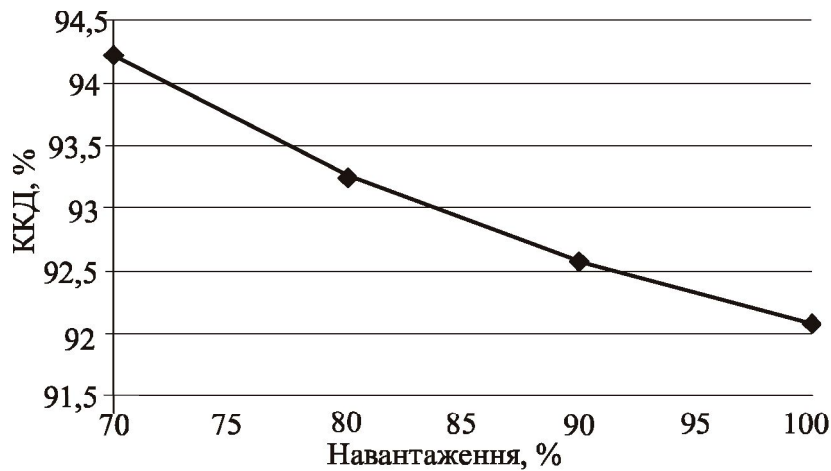


Рис. 3. Залежність коефіцієнта корисної дії від зміни навантаження

Зміна повітряного режиму роботи котла

Часто на практиці спостерігається підвищення коефіцієнта надлишку повітря топки, α_t . Розглянемо вплив зміни повітряного режиму на теплотехнічні характеристики роботи котла; α_t змінюється від 1,05 до 1,3 за незмінних навантажень, характеристик палива та інших параметрів роботи котла.

При збільшенні α_t адиабатична температура в топці практично не змінюється (залежність 4). Збільшення α_t призводить до зростання об'ємів продуктів згорання й витрати палива, тому температура газів на виході з топки зменшується на 57 °С (залежність 5). Незважаючи на це, збільшення об'ємів газів призводить до зростання ентальпії та, відповідно, температури відхідних газів (рис. 4) і зниження ККД котла (рис. 5).

При збільшенні α_t на 0,1 витрата палива зростає на 1,24 %.

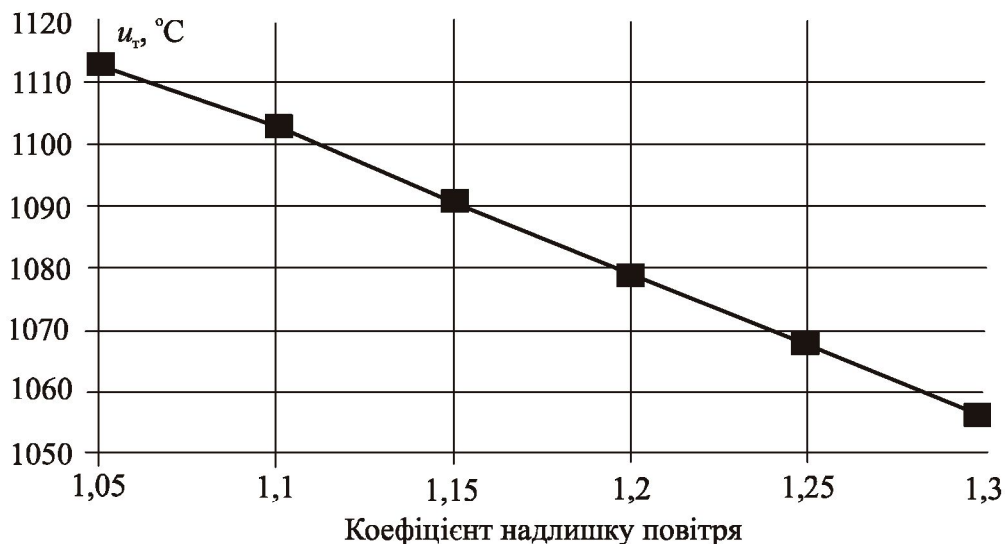


Рис. 4. Залежність температури відхідних газів від коефіцієнта надлишку повітря

Зміна температури води на вході в котел

Розглянемо теплотехнічні характеристики за зміною температури води на вході в котел від 55 °С до 70 °С за умов сталості інших параметрів.

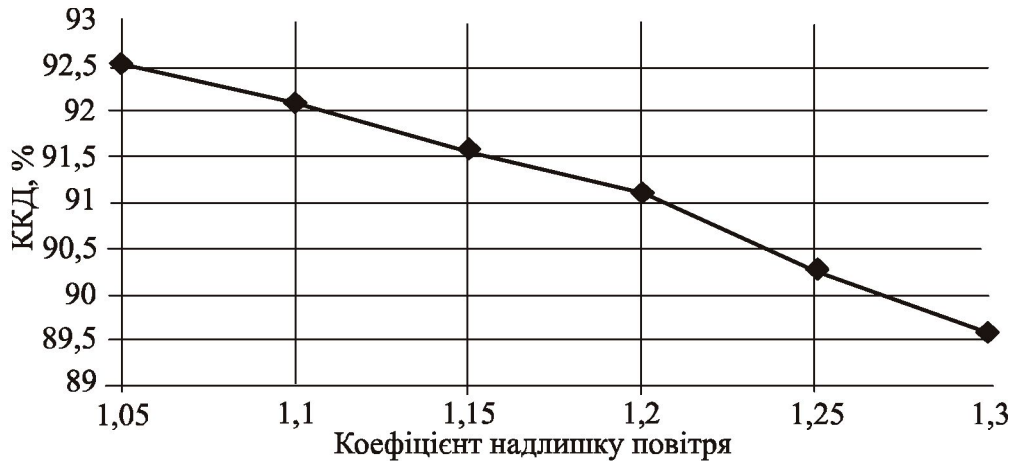


Рис. 5. Залежність коефіцієнта корисної дії від зміни коефіцієнта надлишку повітря

Підвищення температури води на вході в котел на 5 °С спричиняє зменшення витрат палива на 8,4 %. Теоретична температура в топці не змінюється (залежність 4), температура димових газів на виході з топки зменшується на 80 °С (залежність 5). Зменшення об'ємів продуктів згорання і, відповідно, ентальпії димових газів призводить до зниження температури відхідних газів (рис. 6) та підвищення ККД котла (рис. 7).

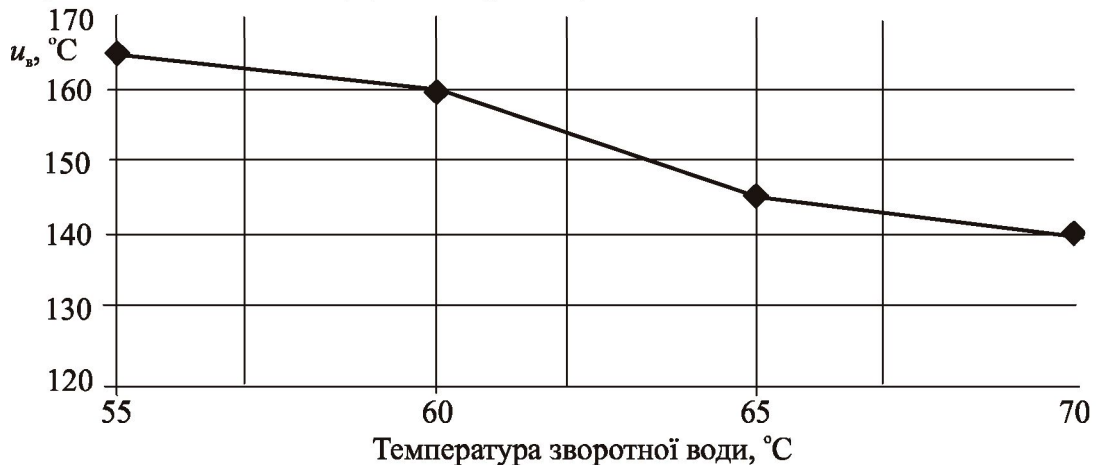


Рис. 6. Залежність температури відхідних газів від зміни температури води на вході в котел

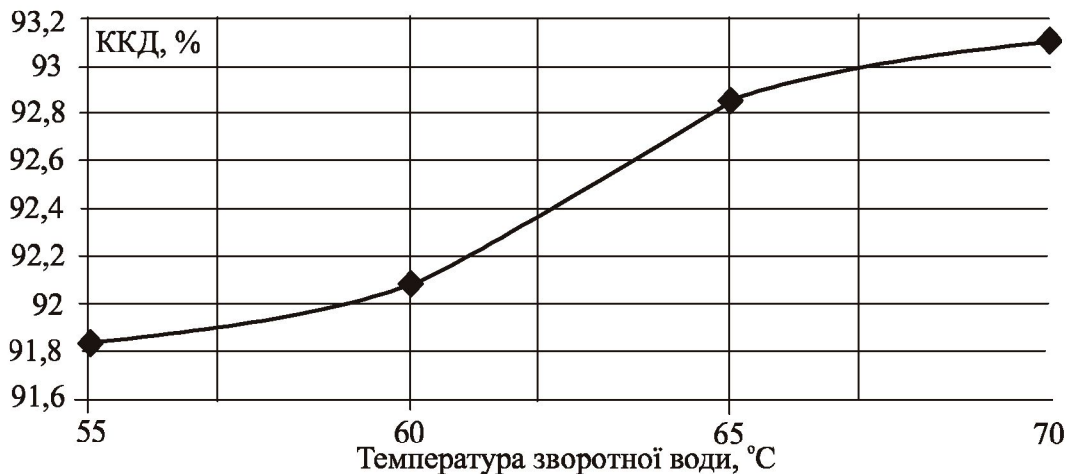


Рис. 7. Залежність коефіцієнта корисної дії від зміни температури води на вході в котел

Зміна якості палива

Розглянемо вплив зміни вологості палива — мазуту в діапазоні 3—10 % на теплотехнічні характеристики роботи котла при постійному навантаженні, температурі води на вході в котел і коефіцієнті надлишку повітря 1,15.

При зливі мазуту із цистерн, особливо взимку, збільшується витрата пари на розігрів мазуту й пропарку цистерн, що призводить до підвищення вологості палива. При збільшенні вологості палива його теплота згорання знижується внаслідок витрати теплоти на випаровування додаткової води палива. Теоретична температура згорання при підвищенні вологості помітно зменшується (залежність 4).

Температура димових газів на виході із топки зменшується несуттєво, але збільшення об'єму димових газів (залежність 2) призводить до збільшення ентальпії газів по тракту і зростання температури відхідних газів (рис. 8) та падіння коефіцієнта корисної дії (рис. 9). Збільшення вологості на 1 % спричиняє зростання витрати палива на 1,3 %.

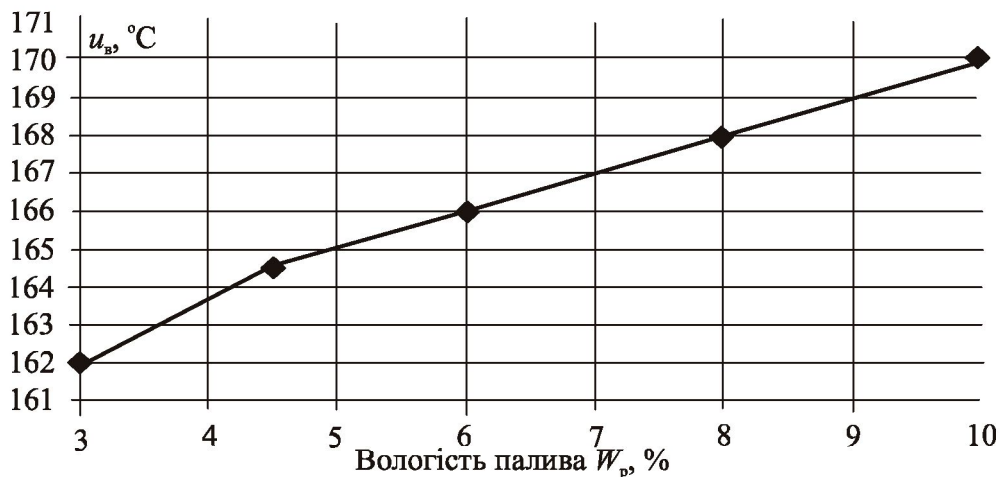


Рис. 8. Залежність температури відхідних газів від вологості палива

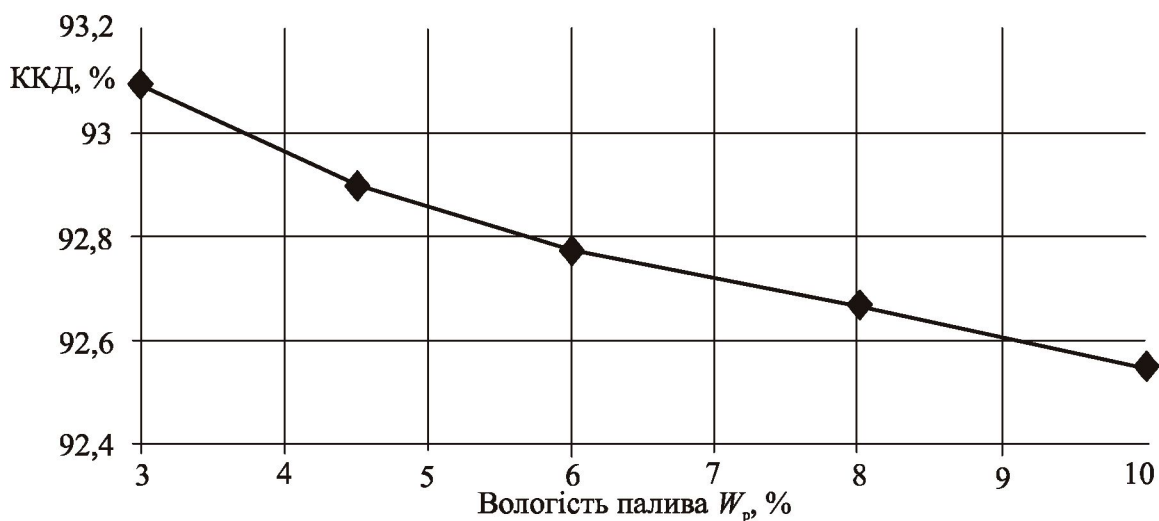


Рис. 9. Залежність коефіцієнта корисної дії від вологості палива

Висновки

Характер зміни теплотехнічних характеристик роботи котла фірми «Колві» при зміні режимних параметрів ідентичний для всіх марок жаротрубних котлів, тому результати аналітичних досліджень рекомендовано використовувати при експлуатації жаротрубних котлів з метою економії палива та в початковому процесі.

Спіральні дротові та стрічкові вставки в димогарні труби жаротрубного котла різко підвищують їх теплосприйняття.

Рекомендується підтримувати навантаження на котлі в межах 80—90 %. Це дає змогу підвищити ККД котла та зменшити температуру димових газів на виході з топки, що збільшує термін експлуатації трубних дощок жаротрубного пучка.

Література

1. *Тепловой расчет котлоагрегатов (нормативный метод)*. — СПб: НПО ЦКТИ, 1998. — 256 с.
2. Боднар Л.А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.06. / Л.А. Боднар; Вінницький національний технічний університет. — Київ, 2010. — 21 с.
3. Рыжков А.Ф. Теплогидравлическая эффективность промышленных турбулизаторов в переходных режимах течения теплоносителя / А.Ф. Рыжков, Л. Жаргалхуу, М. Надир Саман // Промышленная энергетика. — 2006. — № 4. — С. 44—50.
4. *Пособие «Проектирование и применение жаротрубных стальных котлов Колви»*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА РАБОТУ ВОДОГРЕЙНОГО ЖАРОТРУБНОГО КОТЛА

Ю.Г. Поржезинский, О.П. Науменко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты аналитического исследования изменения теплотехнических характеристик работы жаротрубного котла фирмы «Колви Евротерм» мощностью 4 МВт при изменении режимных параметров: производительности, коэффициента избытка воздуха, температуры обратной воды, влажности мазута. Доказана эффективность использования интенсификаторов теплообмена в трубах дымогарного котла (проволочные и ленточные вставки). Результаты исследования рекомендовано использовать при эксплуатации жаротрубных котлов с целью экономии топлива и в учебном процессе.

Ключевые слова: водогрейный жаротрубный котел, теплообмен, нагрузка, топливо, температура, коэффициент полезного действия.