

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ НА ЩЕПІ ДЕРЕВИНИ

*Боднар Лілія Анатоліївна, к.т.н., доцент
Вінницький національний технічний університет*
Bodnar L.
Vinnitsia National Technical University

Анотація: в роботі проведено числові дослідження ефективності інтенсифікації теплообміну в газотрубній частині котла потужністю 550 кВт на щепі деревини, проаналізовано вплив кроку закручування інтенсифікатора на коефіцієнт корисної дії, температуру відхідних газів, підвищення втрат тиску.

Ключові слова: водогрійний котел, щепи, спалювання, інтенсифікація теплообміну.

Вступ

Значний розвиток котлів малої і середньої потужності на альтернативних видах палива, необхідність підвищення вимог до їхнього технічного рівня, а також забезпечення екологічної безпеки такого обладнання обумовлює пошук шляхів вдосконалення їх конструкцій.

В сучасних котлах знайшли застосування трубні пучки з інтенсифікованим теплообміном [1]. Методи і ефекти інтенсифікації теплообміну для теплообмінників газотрубних котлів викликають значний інтерес і велике значення, оскільки від ефективності охолодження димових газів в теплообміннику значною мірою залежить коефіцієнт корисної дії котла.

Застосування раціональних в енергетичному і технологічному сенсі методів інтенсифікації теплообміну в теплообміннику газотрубного котла дозволить підвищити його коефіцієнт корисної дії та зменшити габарити. Тому тематика статті є актуальною.

Метою роботи є дослідження впливу геометричних характеристик інтенсифікаторів теплообміну на енергетичні показники газотрубного котла при роботі на змінному навантаженні.

На рисунку 1 показано конструкцію водогрійного котла, розраховану в рамках курсового проектування, на основі якої було проведено числові дослідження.

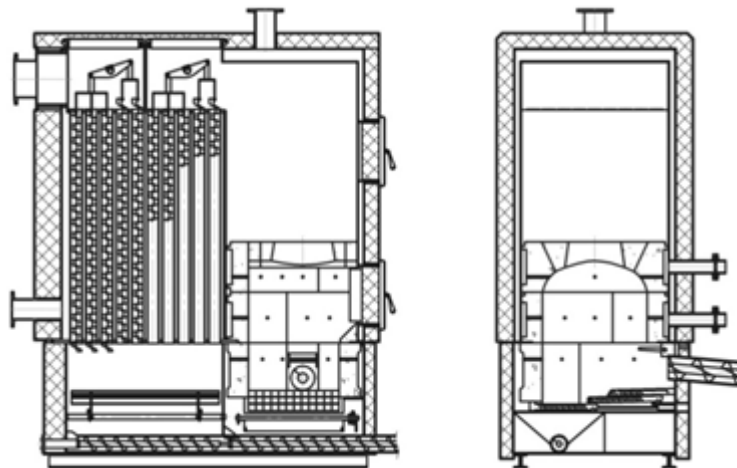
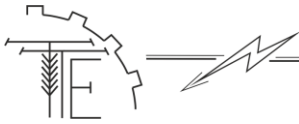


Рис. 1. Водогрійний котел для спалювання щепи деревини

Камера згоряння виконана з вогнетривкого матеріалу. Повітря, що надходить на горіння розділяється на первинне та вторинне. Димові гази надходять в двоходовий трубчастий теплообмінник, оснащений інтенсифікаторами теплообміну. Площа променесприймальної поверхні стін топки і камери допалювання становить 1,973 м², площа теплообмінника зі сторони води 31,09 м², кількість труб теплообмінника 100 шт.

Розрахункова потужність теплогенератора 550 кВт. Температура води на вході в котел 70 °С; на виході 90 °С; паливо – щепи деревини з таким складом: W^p=30%, С^p=34,58%, N^p=0,42%, Н^p=4,24% S^p=0,04%, О^p=30,21%, А^p=0,51% Q_{н.р}=12,01 МДж/кг. Коефіцієнт корисної дії котла визначався за



зворотнім тепловим балансом. Втрати теплоти від хімічної і механічної неповноти згорання приймалися $q_3=0,5\%$, $q_4=1\%$, $q_5=0,8\%$. Коефіцієнт надлишку повітря α в розрахунках взято 1,4.

Авторами проведено дослідження впливу геометричних характеристик (кроку закручування) інтенсифікатора у вигляді скрученої стрічки на показники роботи котла за змінного навантаження.

Для дослідження характеристик котла в MSExcel реалізована математична модель, розроблена авторами [2]. Залежності для розрахунку інтенсифікованого теплообміну взято з [2, 3].

На рисунку 2 наведені результати розрахунку ККД котла за змінного навантаження без інтенсифікаторів (базовий варіант) та з різним кроком закручування інтенсифікатора.

Робота котла на навантаженні відмінному від номінального характеризується зниженням температури відхідних газів. Це може призвести до конденсації водяної пари, що міститься в димових газах, на теплообмінних поверхнях. Під час проектування котла з інтенсифікованим теплообміном необхідно провести оцінку зміни ККД і температури відхідних газів при роботі на різних потужностях.

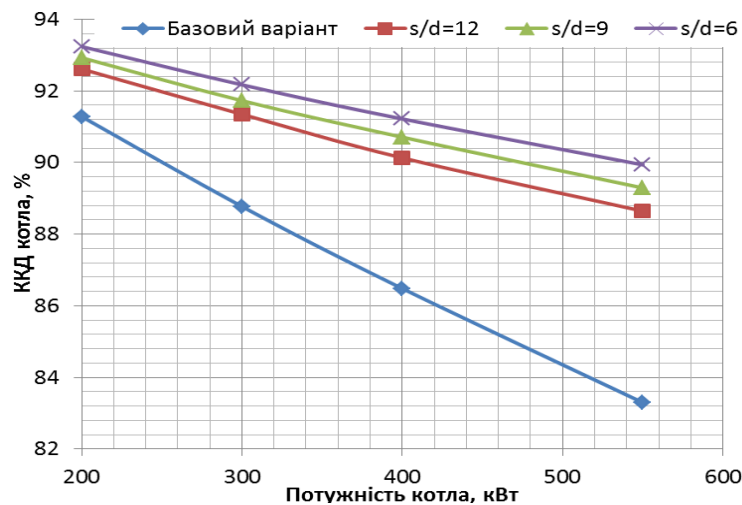


Рис. 2. ККД котлоагрегату за змінного навантаження

Такі розрахунки допоможуть вибрати раціональні для даної конструкції геометричні параметри інтенсифікатора. Зі зменшенням параметру s/d , ефект інтенсифікації збільшується, що призводить до зменшення температури відхідних газів і збільшення ККД котла. На всьому досліджуваному діапазоні роботи котла, підвищення ККД становить 2-6%. Для потужності 550 кВт та кроком закручування інтенсифікатора $s/d = 12$ приріст ККД становить 6%.

На рисунку 3 наведені результати дослідження впливу встановлення інтенсифікатора на температуру відхідних газів.

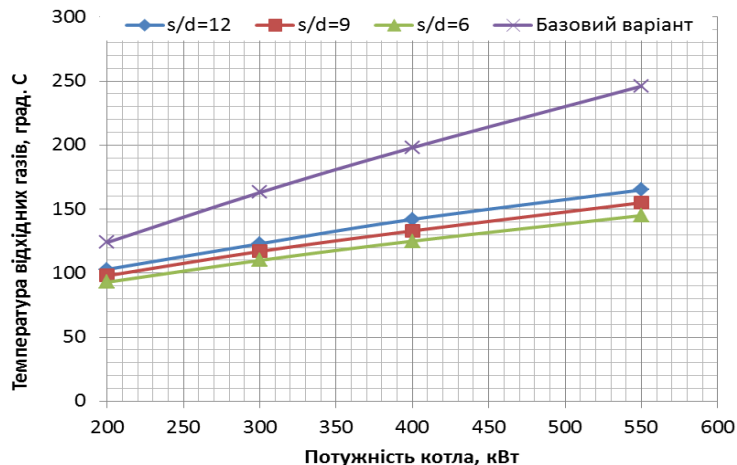
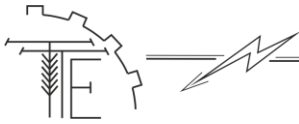


Рис. 3. Зміна температури відхідних газів на виході з теплообмінника залежно від параметру інтенсифікатора s/d за змінного навантаження котла



Для встановлення в котел пропонується інтенсифікатор у вигляді скрученої стрічки з кроком $s/d=12$, оскільки за таких умов температура відхідних газів на всьому досліджуваному діапазоні зміни навантаження знижується найменше. Порівняно з варіантом без інтенсифікації, температура зменшується на 30-100 °С. В разі встановлення інтенсифікатора з кроком $s/d=12$ показники роботи котла для максимального навантаження будуть такі: ККД – 88,6 %, $t_{вр} = 165$ °С.

Встановлення інтенсифікаторів крім підвищення ККД котла спричинює також зростання втрат тиску в теплообміннику котла. Для розрахунку коефіцієнта опору тертя в теплообміннику котла для базового варіанта (без інтенсифікації теплообміну) використано рекомендації [4]. Залежність для визначення даного коефіцієнта, при значенні критерію Рейнольдса $Re \geq 2000$ має вигляд:

$$\xi_0 = \frac{0,303}{(\lg Re - 0,9)^2}.$$

Для визначення гідравлічного опору закрученого потоку В. К. Щукіним в роботі [3] запропоновано формулу:

$$\xi_i = \frac{6,34}{Re^{0,474}} \cdot \left(\frac{d}{D_{\pi}} \right)^{0,26} + \frac{25,6}{Re},$$

де D_{π} – діаметр кривизни осьової лінії каналу, утвореного стінками труби і стрічковою вставкою;

s – крок закручування стрічки;

d – внутрішній діаметр каналу.

На рисунку 4 наведено відношення опорів з інтенсифікацією теплообміну та без неї залежно від кроку закручування інтенсифікатора та зміни потужності котла.

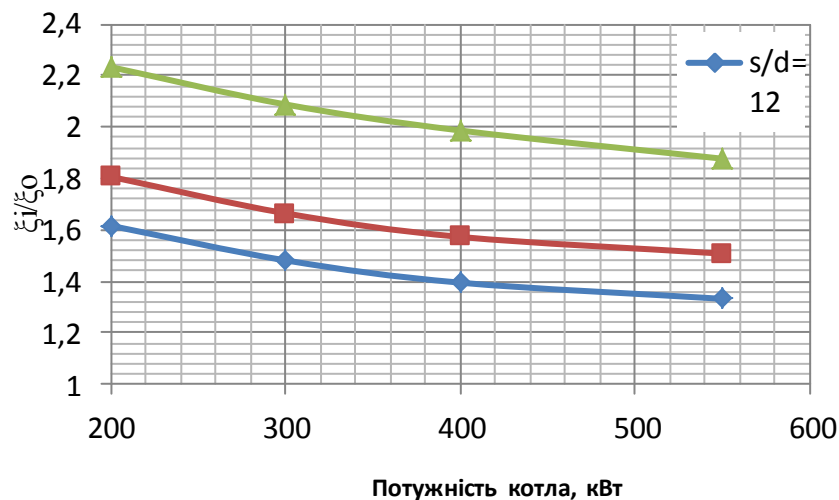


Рис. 4. Зміна температури відхідних газів на виході з теплообмінника залежно від параметру інтенсифікатора s/d за змінного навантаження котла

Зростання опору у досліджуваному діапазоні зміни параметрів становить 1,33-2,23 рази. Збільшення опору призводить до підвищення необхідної потужності димососа. Подолати втрати тиску можна також за рахунок збільшення тяги димової труби шляхом корегування її висоти на етапі проектування.

При виборі способу інтенсифікації теплообміну в котлі та параметрів інтенсифікаторів необхідно провести детальний тепловий і аеродинамічний розрахунок при зміні його теплової потужності і оцінити діапазони раціональної роботи.

Висновки

В роботі проведено дослідження впливу відносного кроку закручування інтенсифікатора на коефіцієнт корисної дії водогрійного котла на щепі деревини потужністю 550 кВт та на гідравлічний опір. Досліджено вплив кроку закручування інтенсифікатора за змінного навантаження котла. Показано, що встановлення інтенсифікатора суттєво покращує енергетичні показники котла,



температура димових газів зменшується в 1,2-1,5 рази, а ККД котла зростає на 2-6%, втрати тиску збільшуються в 1,33-2,23 разів. При виборі способу інтенсифікації теплообміну в котлі та параметрів інтенсифікаторів необхідно провести детальний тепловий і аеродинамічний розрахунок при зміні його теплової потужності та оцінити діапазони раціональної роботи.

Список літератури

1. Боднар Л. А. Експериментальні дослідження теплообміну і аеродинаміки ефективних методів інтенсифікації теплообміну // Наукові праці Вінницького національного технічного університету [Електронний ресурс] – 2015. – №3. – Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/3/3>
2. Степанов Д. В. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності. Монографія / Д. В. Степанов, Л. А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 151 с.
3. Щукин В. К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил / В. К. Щукин. – М. : Машиностроение, 1980. – 240 с.
4. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод). Под ред. С. И. Мочана. Изд. 3-е. – Л. : Энергия, 1977. – 256 с.

References

1. Bodnar L. A. Eksperimentalni doslidzhennya teploobmlnu I aerodinamiki effektivnih metodiv intensifikatsiyi teploobmlnu // Naukovi pratsi Vinnitskogo natsionalnogo tehnicnogo universitetu [Elektronniy resurs] – 2015. – №3. – Rezhim dostupu: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/3/3>
2. Stepanov D. V. Energetichna ta ekologichna effektivnist vodogrinyih kotliv maloYi potuzhnosti. Monografiya / D. V. Stepanov, L. A. Bodnar. – Vinnitsya: VNTU, 2011 – 151 s.
3. Schukin V. K. Teploobmen i gidrodinamika vnutrennih potokov v polyah massovyih sil / V. K. Schukin. – M. : Mashinostroenie, 1980. – 240 s.
4. Aerodinamicheskiy raschet kotelnyih ustanovok (normativnyiy metod). Pod red. S. I. Mochana. Izd. 3-e. – L. : Energiya, 1977. – 256 s.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛОБМЕНА В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРЕ НА ЩЕПЕ ДРЕВЕСИНЫ

Аннотация: в работе проведены численные исследования эффективности интенсификации теплообмена в газотрубной части котла мощностью 550 кВт на щепе древесины, проанализировано влияние шага закручивания интенсификатора на коэффициент полезного действия, температуру отходящих газов, повышение потерь давления.

Ключевые слова: водогрейный котел, щепа, сжигание, интенсификация теплообмена.

EFFICIENCY OF INTENSIFICATION OF THERMAL IN A HEAT GENERATOR ON WOOD CHIP

Abstract: numerical studies of the efficiency of the heat exchange intensification in the gas pipe part of the 550 kW boiler on wood chips have been carried out, the influence of the step of the swirling of the intensifier on the efficiency coefficient, the temperature of the waste gases, and the increase of the pressure losses have been analyzed.

Key words: water boiler, chips, combustion, intensification of heat exchange.