

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛООБМІНУ В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІ НА ЩЕПІ ДЕРЕВИНИ

Вінницький національний технічний університет

### 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, втрати тиску.

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

### 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 loss of pressure have been analyzed.

**Keywords:** water boiler, chips, combustion, intensification of heat exchange.

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**.

**Мета роботи** – дослідження впливу геометричних характеристик інтенсифікатора теплообміну на енергетичні показники газотрубного котла при роботі на змінному навантаженні.

В роботі розроблено конструкцію теплогенератора на щепі деревини. Розрахункова потужність теплогенератора 550 кВт. Температура води на вході в котел 70 °С; на виході 90 °С; паливо – щепи деревини з таким складом:  $W^p=30\%$ ,  $C^p=34,58\%$ ,  $N^p=0,42\%$ ,  $H^p=4,24\%$ ,  $S^p=0,04\%$ ,  $O^p=30,21\%$ ,  $A^p=0,51\%$   $Q_{н.р}=12,01$  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  $\alpha$  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 в роботі [2]. Залежності для розрахунку інтенсифікованого теплообміну взято з [3].

На рисунку 1 наведені результати розрахунку ККД котла за змінного навантаження і з різним кроком закручування інтенсифікатора.

З рисунку 1 видно, що ККД котла в разі встановлення інтенсифікатора суттєво збільшується на всьому діапазоні зміни навантаження.

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.

Зі зменшенням параметру  $s/d$ , ефект інтенсифікації збільшується, що призводить до зменшення температури відхідних газів і збільшення ККД котла. Для потужності 550 кВт та кроком закручування інтенсифікатора  $s/d = 12$  приріст ККД становить 6 %.

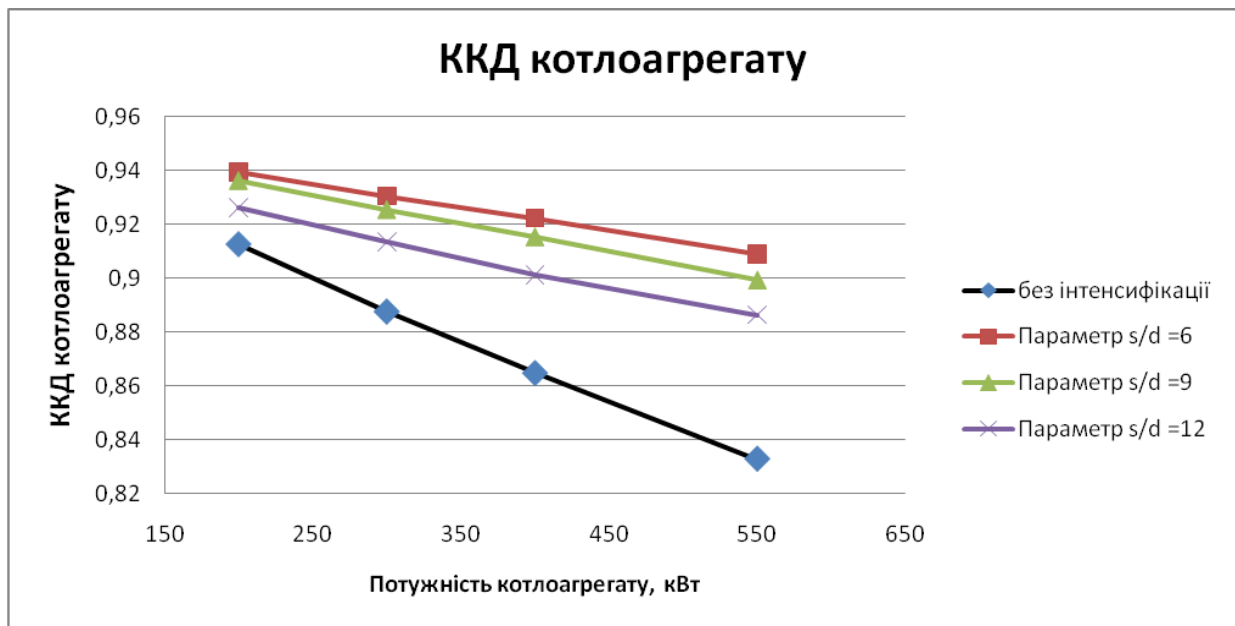


Рисунок 1 – ККД котлоагрегату за змінного навантаження

На рисунку 2 наведені результати дослідження впливу встановлення інтенсифікатора на температуру відхідних газів. 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 20...85 °С.

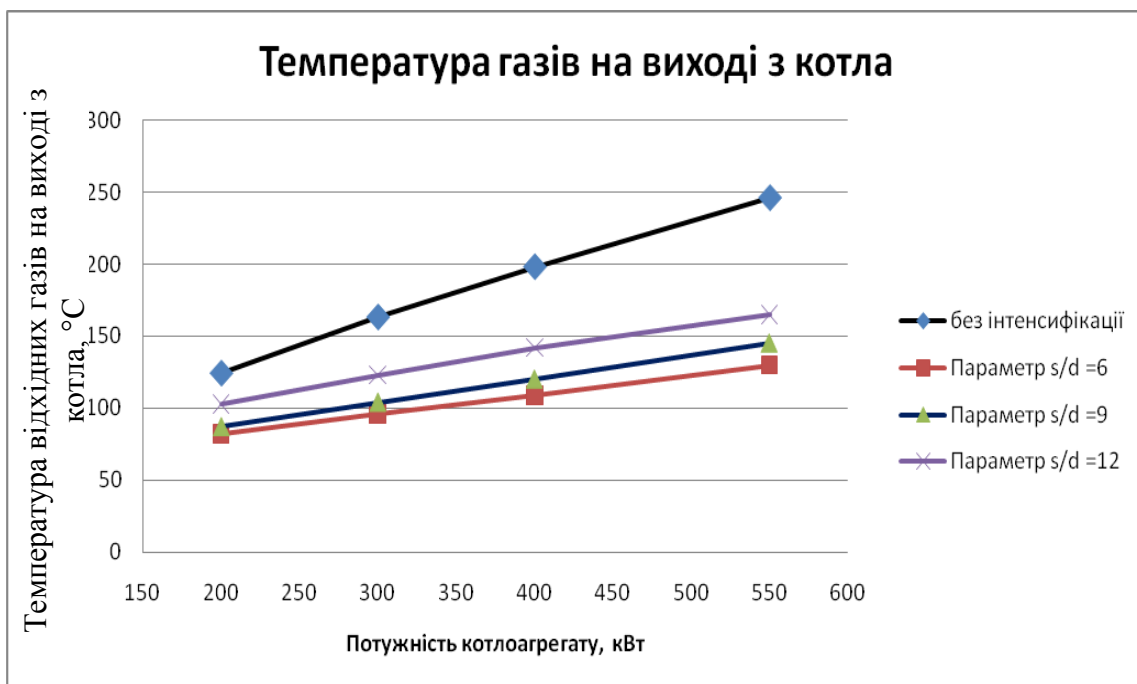


Рисунок 2 – Зміна температури відхідних газів на виході з теплообмінника залежно від параметру інтенсифікатора  $s/d$  за змінного навантаження котла

Зменшення температури відхідних газів для інтенсифікатора з кроком  $s/d = 12$  становить 1,2...1,5 разів на всьому діапазоні зміни навантаження.

Зростання втрат тиску в теплообміннику котла становить 1,5 – 1,8 разів порівняно з базовим варіантом (без інтенсифікації теплообміну).

Отже, за результатами досліджень, найбільш раціонально використовувати за даних умов, інтенсифікатор з кроком закручування  $s/d = 12$ , оскільки на всьому діапазоні зміни навантаження температура димових газів зменшується в межах, за яких виключається конденсація водяної пари. В разі встановлення такого інтенсифікатора показники роботи котла для максимального навантаження будуть такі: ККД – 88,6 %,  $t_{вг} = 165$  °С.

### 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 1,5 – 1,8 разів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ 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.

**Боднар Лілія Анатоліївна**, к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики ВНТУ. e-mail: Bodnar06@ukr.net

**Лепетан Іван Васильович**, студент групи ТЕ-17 м, факультет будівництва, теплоенергетики та теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет. e-mail: lepetan94@mail.ua

**Bodnar Lilia**, Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Bodnar06@ukr.net.

**Lepetan Ivan** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University.