

# СИСТЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Вінницький національний технічний університет

## *Анотація*

*Проаналізовані системи утилізації теплоти відхідних газів водогрійної котельні, яка працює на природному газі і запропоновано найбільш раціональну*

**Ключові слова:** природний газ, утилізація теплоти відхідних газів, водогрійна котельня.

## *Abstracts*

*Systems of utilization of heat of waste gases of a heating water heating boiler, which works on gas fuels, are analyzed, and the most rational*

**Key words:** natural gas, waste heat utilization, water boiler room

## Вступ

У зв'язку з підвищенням вартості природного газу стратегічною задачею є економія цього виду палива. Можна виділити такі шляхи підвищення енергетичної ефективності промислових та опалювальних котелень: технічне переоснащення, що дасть змогу суттєво підвищити ККД обладнання і призведе до ряду позитивних наслідків, серед яких зменшення витрати на енергетичні ресурси та покращення умов праці; як зазначалось вище, можливий варіант з переходом підприємства на часткове або повне заміщення викопних ресурсів відновлювальними джерелами енергії. Увагу слід звернути на результати впровадження альтернативних джерел енергії на підприємстві, таких як тверда органічна маса, сонячна енергія, біогаз та ін. Наступним варіантом може бути встановлення утилізаторів скидної теплоти самого підприємства та відхідних газів паливоспалювального обладнання – утилізаторів теплоти відхідних газів. Утилізація скидної теплоти паливовикористальних установок відноситься до малозатратних способів підвищення ефективності використання природного газу в котельнях, що дозволяє зменшити втрати теплоти з відхідними газами, підвищити ККД котлів і котельні в цілому, знизити шкідливі викиди в атмосферу [1–7].

Мета роботи – на основі чисельних досліджень проаналізувати системи утилізації теплоти відхідних газів водогрійної котельні, яка працює на природному газі і запропонувати найбільш раціональну.

## Основна частина

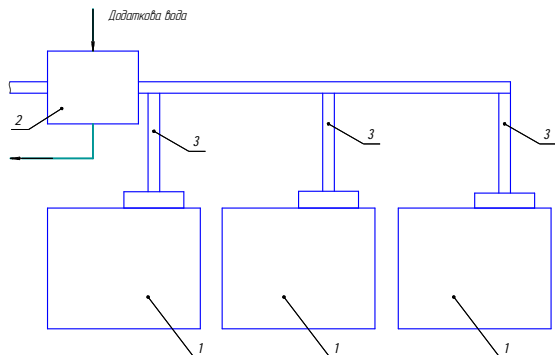
Для проведення досліджень вибрана котельня, яка обладнана трьома водогрійними котлами, що працюють на природному газі. З метою економії енергоресурсів необхідно вдосконалити теплову схему котельні шляхом встановлення утилізаторів теплоти відхідних газів для підігрівання зворотної мережної води. За результатами багатоваріантного аналізу шляхів підвищення енергоефективності котельні прийнято рішення по встановленню утилізатора теплоти відхідних газів для підігріву додаткової води. Встановлення утилізатора можливе і доцільне, оскільки під час спалювання природного газу утворюються відносно чисті відхідні газы, які не забруднюють поверхні теплообміну, а також температура відхідних газів становить 180 °С.

Для реалізації процесу утилізації теплоти відхідних газів вибрано наступні варіанти систем:

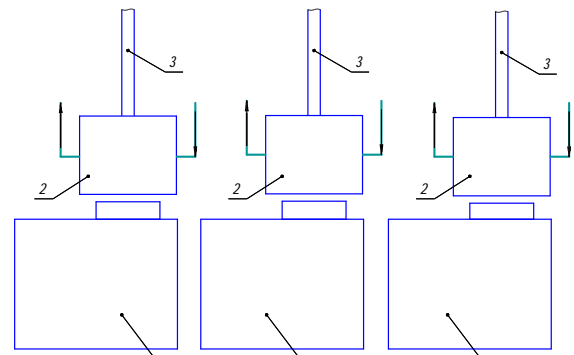
- встановлення пластинчастого теплообмінника-утилізатора (ТУ) великої потужності для утилізації теплоти відхідних газів із 3-х котлів. Принципова схема потоків теплоносіїв представлена на рис. 1. Робота системи відбувається наступним чином: гарячі газы із 3-х котлів направляються у теплообмінник-утилізатор, охолоджуючись нагрівають додаткову воду і викидаються в атмосферу.

- встановлення пластинчастого теплообмінника-утилізатора окремо для кожного котла, розділення потоку додаткової води на 3 рівні частини і підігрівання останньої у ТУ. Після ТУ охолоджені газы викидаються у атмосферу, а підігріта вода повертається в технологічний цикл.

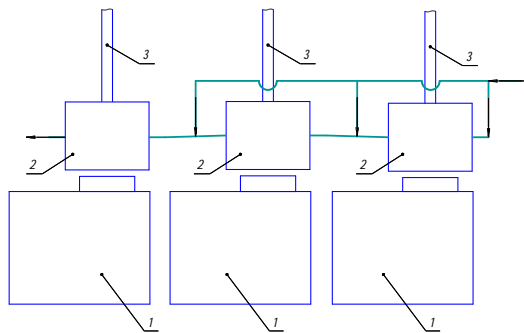
- встановлення пластинчастого теплообмінника-утилізатора після кожного котла, при цьому додаткову воду направляти послідовно через теплообмінники з можливістю відключення будь-якого з них і перепуск води на інші;
- потік газів від котлів подають послідовно на «суху» і «мокру» зони теплообмінника. Подача води протитечією з «мочної» зони.



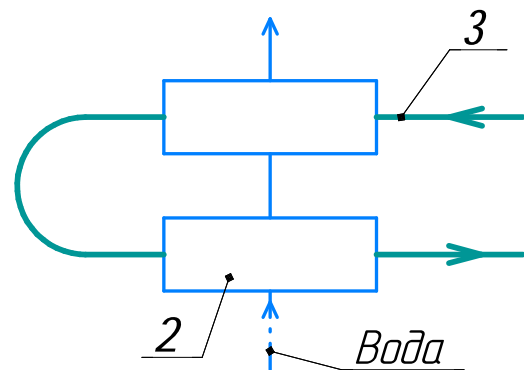
Система з одним теплообмінником-утилізатором для 3-х котлів



Система з трьома теплообмінниками-утилізаторами



Система з трьома теплообмінниками-утилізаторами і послідовним підключенням води



Система з розділенням теплообмінника-утилізатора на «суху» і «мокру» зони

Рисунок 1 – Варіанти встановлення теплообмінників утилізаторів.

1 – котел, 2 – теплообмінник-утилізатор, 3 – газопроводи

Визначені капітальні витрати на теплообмінники та техніко-економічні показники роботи котельні з утилізаторами. Аналіз отриманих результатів показав, наступне:

- варіант з розділенням теплообмінного апарату на «суху» і «вологу» зони дає можливість збільшити зняту теплову потужність до 20%. Проте конструкція ускладнюється, збільшуються габарити та погіршуються аеродинамічні показники.

- послідовне заживлення теплообмінників водою і паралельне по газах дає найменшу економію природного газу. Також, оскільки є один резервний котел, то неможливо виконати один конденсаційний теплообмінник, а інші не конденсаційні. Це призводить до відсутнього зростання вартості системи утилізації скидної теплоти;

- різниця в економії природного газу за варіантом 1 і 2 відсутня. Тому подальший аналіз необхідно проводити обравши критеріями наприклад масогабаритні показники, ергономічні, енергетичні;

- схеми за другим і третім варіантами дозволяють проводити більш тонке налаштування роботи котельні та підвищують маневреність установки. Можливість відключення будь-якого котла чи теплообмінника дає можливість проводити їх ремонти чи переоснащення.

Тому для детальних розрахунків вибору раціональної конструкції та реалізації прийняті схеми 1, 2 і 3.

Результати техніко-економічних розрахунків варіантів систем для процесу утилізації теплоти відхідних газів показані на діаграмі (рис. 2).

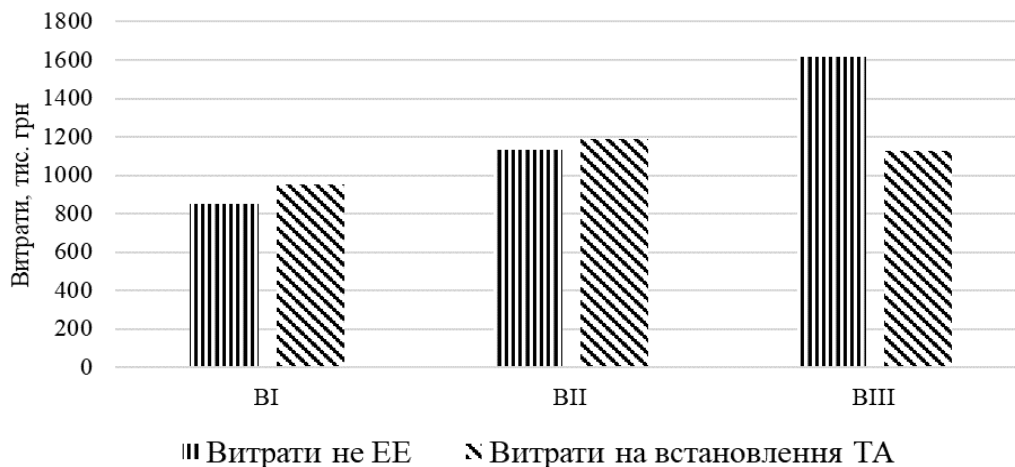


Рисунок 2 – Річні витрати коштів.

З діаграми видно, що витрати електроенергії зростають відповідно до порядкових номерів вибраних варіантів, при цьому для розділення потоку газів на 3 частини за другим варіантом (VII) збільшуються капітальні вкладення в ТА в порівнянні з першим (VI).

Реалізація першого варіанту дає найменшу економію коштів як з точки зору перекачування теплоносіїв так і з точки зору встановлення теплообмінника, проте за такого варіанту неможливо проводити чистку та ремонт теплообмінника, оскільки необхідно повністю відключити теплообмінник.

Для реалізації прийнято варіант VII із розділенням потоків газу і води по окремим теплообмінникам. Такий варіант раціональний як з точки зору капітальних витрат так і з точки зору надійності роботи установки.

Проведено конструктивні та гідравлічні розрахунки пластинчастих теплообмінників-утилізаторів відхідних газів котлів для підігріву додаткової води для трьох варіантів. За результатами розрахунків встановлено, що із збільшенням швидкості перекачування води коефіцієнт теплопередачі зростає на 4%, тоді як сумарні гідравлічні втрати зростають у 21 раз, що свідчить про нераціональність забезпечення високих швидкостей води в ТУ. Раціонально підтримувати швидкість руху газів через теплообмінник 15 м/с, а швидкість води 0,3 м/с.

Простий термін окупності капіталовкладень в такий спосіб підвищення енергетичної ефективності промислових та опалювальних котелень становить менше 1 року.

### Висновки

Розроблено систему утилізації теплоти відхідних газів котельні. Для вибору раціонального варіанту було проведено багатоваріантний аналіз систем утилізації відхідних газів: система з одним теплообмінником, з трьома теплообмінниками, з розділенням теплообмінника на «суху» і «мокру» зони, з трьома теплообмінниками і послідовним підключенням води. За результатами розрахунків вибрано систему з розділенням на 3 потоки, оскільки вона відповідає поставленим критеріям: економічності, зручності експлуатації і обслуговування, надійності.

Простий термін окупності капіталовкладень в разі встановлення пластинчастих теплообмінників-утилізаторів становить менше 1 року, що підтверджує доцільність такого варіанту підвищення енергоефективності роботи котельні.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боженко М. Ф. Каскадна утилізація теплоти димових газів опалювальних водогрійних котелень / М.Ф. Боженко І.Я. Перевьорткіна // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – № 1. – С. 81 – 88.
2. Фіалко Н.М. Екологічна ефективність комбінованих систем утилізації теплоти викидних

- газів котельної установки / Н. М. Фіалко, Г. О. Пресіч, Р. О. Навродська, Г. О. Гнедаш // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – 2013. – № 755. – С. 429-434. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB\\_2013\\_755\\_78](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_78)
3. Чепурний М. М. Утилізація теплоти відхідних газів із котлів в утилізаторах контактного типу / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент, Т. М. Олексина, Ю. М. Возіян // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – №4.
  4. Резидент Н.В., Громик О.О. **Заміщення природного газу відходами деревини в котельні навчального закладу.** Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7639/6417>
  5. Резидент Н.В., Шкурак С.М. **Утилізація теплоти відхідних газів опалювальної водогрійної котельні** Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7973/6664>
  6. Чепурний М. М. Використання теплоти відхідних продуктів згорання палива в теплонасосних установках / М. М. Чепурний, Н. В. Резидент. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. - 2013. - Вип. 3. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNTUV\\_2013\\_3\\_6.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNTUV_2013_3_6.pdf).
  7. Резидент Н. В., Шиндеровський А. Т. Енергетична ефективність глибокого охолодження продуктів згорання газоподібного палива. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Енергоефективність в галузях економіки України - 2017". – С. 32 – 33.

*Шкурак Сергій Миколайович* – студент групи ТЕ-18м, Факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

*Sergiy Shkurak* — student of group TE-18m, Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia