

1. Лабораторно-практична робота №4.1 Визначення енергоефективності опалювальних пристроїв

1.1 Мета роботи

1. Ознайомитися з основними типами опалювальних пристроїв.
2. Дослідити ефективність переходу на опалення альтернативними видами палива.

Після виконання роботи студент повинен

знати:

- основні типи та характеристики опалювальних пристроїв;
- методику визначення їх ефективності.

вміти:

- визначати основні характеристики опалювальних;
- визначати ефективність заміни існуючих опалювальних пристроїв на енергозберігаючі.

1.2 Ключові положення

Опалювальний пристрій призначений для отримання теплової енергії із енергії інших видів, яка використовується для обігріву приміщень. Сьогодні найчастіше дані пристрої називаються котлами. Котли як правило класифікуються за видом палива, яке в них використовується і можуть бути:

- газові;
- твердопаливні;
- рідкопаливні;
- електричні.

Найбільш поширеними є твердопаливні та газові котли. У газифікованих районах та будинках, якщо є така можливість, використовують газове обладнання, оскільки воно найбільш технологічне, безпечне та має можливість повністю автоматизувати роботу опалювальної системи. Однак через зростання вартості природного газу останнім часом є стійка тенденція переходу на опалення екологічно чистими поновлювальними паливними гранулами (пелетами). Не зважаючи на те, що пелетний котел дозволяє лише частково автоматизувати його роботу та має менший рівень безпеки, у цілому вартість опалення паливними гранулами виходить менше, порівняно із опаленням газом.

Котли, що використовують інші види твердого (дрова, вугілля) або рідкого палива (дизельне пальне, мазут) використовують залежно від наявності його джерел у даній місцевості або на конкретному підприємстві.

Електричне опалення є найбільш безпечним, екологічно чистим (у місці опалення) та дозволяє повністю автоматизувати процес опалення. Однак вартість електричної енергії робить таке опалення найджороччим. Електричне опалення використовують у випадках коли немає можливості використовувати опалення на іншому виді палива.

Газові котли

Побутові газові опалювальні котли (Рисунок 1.1) класифікуються за наступними ознаками:

- За способом монтажу: настінні та підлогові.
- За типом теплообмінника: сталевими, чавунними або мідний. Сталь найбільш стійка до температури; чавун довговічніший, але має меншу допустиму температуру полум'я. Перевагою міді є висока теплопровідність, що дозволяє зробити один з головних вузлів котла дуже компактним; проте робоча температура мідного теплообмінника найнижча (на 50 °С порівняно із чавуном).
- За типом витяжної системи: природною, що використовують природну тягу продуктів згоряння, та примусовою. У останньому випадку для забору повітря використовується коаксіальний повітропровід: по його оболонці з вулиці за допомогою вентиляторів подається повітря для горіння, а по сердечнику відводяться продукти згоряння.
- За кількістю контурів: одноконтурні, двоконтурні та багатоконтурні. Одноконтурні призначені виключно для опалення. Двоконтурні оснащені проточним або накопичувальним нагрівачем для приготування гарячої води. Багатоконтурні використовуються рідко і можуть мати додаткові контури, наприклад для теплої підлоги.



Рисунок 1.1 – Настінний газовий котел

Будова двоконтурного газового котла (Рисунок 1.2) дозволяє йому працювати в двох режимах: опалення і підігріву води.

У режимі опалення здійснюється нагрів теплоносія, що знаходиться всередині теплообмінника. У його якості виступає звичайна вода. Залежно від різниці температур всередині та ззовні приміщення температура гарячої води у системі опалення може знаходитися у діапазоні від 35 до 80 °С.

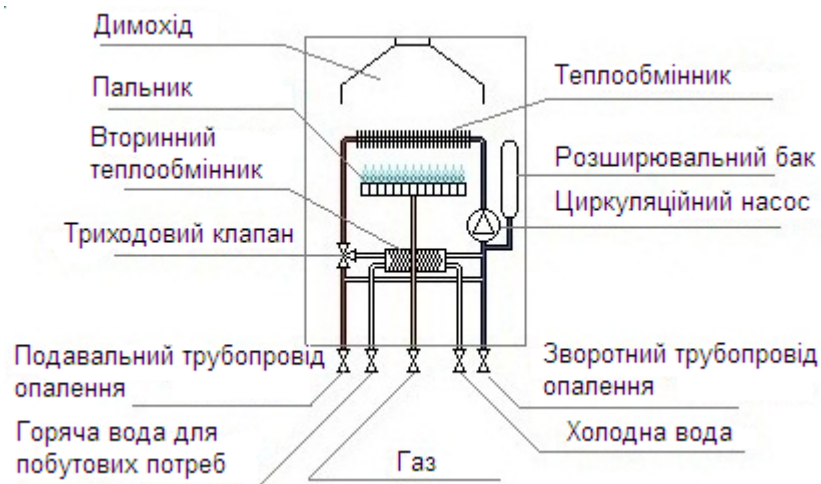


Рисунок 1.2 – Будова двоконтурного газового котла

При зниженні температури відбувається запалення пальника, та включення циркуляційного насоса. Після цього котел починає працювати на мінімальній потужності, поступово збільшуючи її до максимальної. По мірі нагріву води у системі подача газу автоматично зменшується аж повного його відключення та переходу котла у режим очікування. У разі, коли температура води швидко зростає, або досягає великих значень, електроніка котла виключає пальник, при цьому новий розпал його може відбутися не раніше ніж через 3 хвилини.

Для запобігання попадання води в другій контур використовується триходовий клапан. Підігрітий теплоносієм подається в систему опалення з котла через трубопровід лінії, а повертається через зворотну.

Так як вода в першому теплообміннику рухається по замкнутому контуру, то вона практично не утворює нальоту. У другому - відбувається подача рідини з трубопроводу яка має велику кількість домішок, що може призвести до проблем із виробом. При виході з ладу контуру ГВП пристрій може експлуатуватися в режимі опалення, що актуально в холодну пору року.

Електричні котли

Електричні котли характеризуються простотою конструктивного виконання, можливістю точної підтримки температурного режиму в опалюваних приміщеннях. Вони мають більш широкі можливості

автоматизації процесу опалення дозволяють за допомогою електроніки реалізувати усі переваги, характерні для індивідуальних схем теплопостачання.

На відміну від котлів, що працюють на різних видах органічного палива (природний газ, нафтопродукти, вугілля або деревні відходи), електричним котлам характерний ряд особливостей, які за певних умов компенсують високу вартість електроенергії як основного енергоносія. Так, електричні котли характеризуються відносною простотою будови; вони компактні й не вимагають спеціально обладнаного місця для установки, не потребують доставки і зберігання палива (як рідинні або твердопаливні котли), видалення золи і шлаку (як твердопаливні котли). У плані зручності експлуатації конкуренцію електродкотлам складає лише опалювальне устаткування на магістральному природному газі, підведення якого вимагає часу і капітальних вкладень та і можливе далеко не завжди. На відміну від котлів інших видів, електричним котлам не потрібні димарі і повітря; їх робота не супроводжується шкідливими викидами в атмосферу (у місці експлуатації котла) й не пов'язана з небезпекою отруєнь і вибуху при витокі газу або запалювання іншого палива. Існують три основні типи електричних котлів: електродні, з використанням ТЕНів та індукційні.

Електродні котли

В електродних котлах (Рисунок 1.3) нагрів води відбувається в результаті пропускання через неї змінного електричного струму.

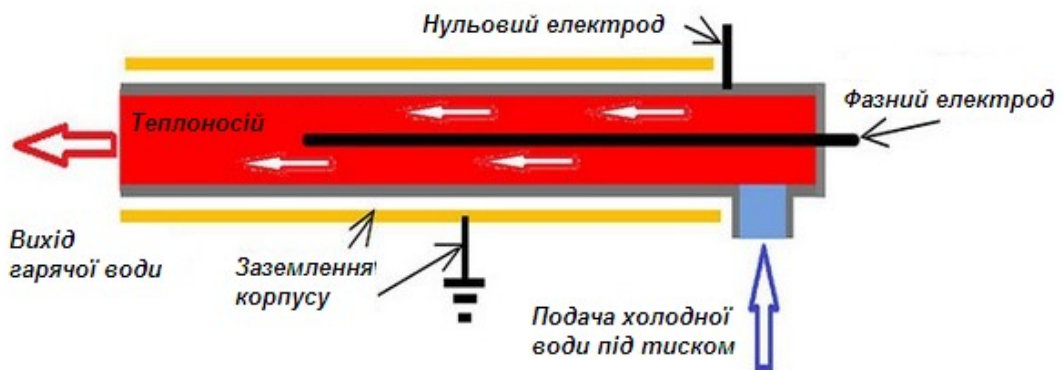


Рисунок 1.3 – Конструкція електродного електричного котла

Конструктивно електродний котел є ємністю з розміщеними в ній електродами і діє як проточний водонагрівач. Головною особливістю всіх електродних котлів є високий коефіцієнт корисної дії (96...98%). Вода в електродних котлах одночасно є і теплоносієм, і елементом електричного кола, тому повинна володіти як певною провідністю для того, щоб проходив електричний струм.

Електродні котли здатність самоналагоджуватися залежно від заданої споживачем температури теплоносія і його кількості в опалювальному контурі, автоматично виходячи на потрібний режим. Це пов'язано з тим, що у міру розігрівання теплоносія зменшується його опір. Електродні котли самі відключаються від електромережі при короткому замиканні, витoku теплоносія і перевищенні заданої температури.

Трифазні електродні водогрійні котли застосовуються для опалювання і гарячого водопостачання крупних будівель і невеликих селищ. Котли на напругу 0,4 кВ виконуються з пластинчатими електродами, що найбільш придатні для води з низькою питомою електропровідністю. Електродні водогрійні котли на напругу 6...10 кВ виготовляються з циліндричними або кільцевими електродами. Котли з циліндричними електродами застосовуються при високому питомому опорі води. Котли з кільцевими електродами – для води з низьким питомим опором.

ТЕНові котли

Для нагріву теплоносія в ТЕНових котлах них використовуються трубчасті електронагрівачі (ТЕНи) (Рисунок 1.4).

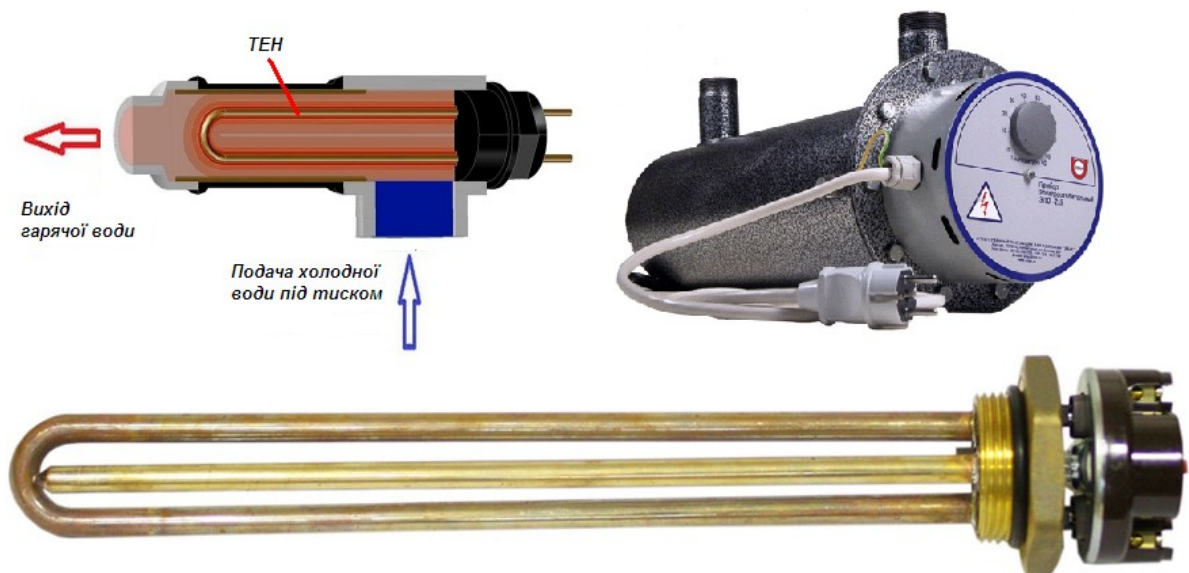


Рисунок 1.4 – Конструкція електричного котла в ТЕНом

Конструктивно ТЕН є міцною металевою трубкою із сталі, алюмінію або титану з розміщеною всередині ніхромовою спіраллю і контактними стержнями. Від оболонки спіраль відокремлена спресованим діелектричним наповнювачем: периклазом (оксидом магнію MgO) або кварцовим піском, що

має високу теплопровідність. Для запобігання попаданню всередину ТЕНів вологи вони герметизуються. За конфігурацією ТЕНи поділяють на двокінцеві, коли контактні виводи розташовані з двох сторін, і однокінцеві – з контактними виводами, розташованими по одну сторону нагрівача. В електричних котлах, як правило, використовують однокінцеві ТЕНи або, як їх ще називають, патронні. Той факт, що ТЕНи вибухобезпечні, є однією з привабливих експлуатаційних характеристик електродкотлів. Але, з другого боку, ТЕН може вийти з ладу внаслідок нестабільності роботи електромереж або перегріву через наявність корозійних і накипних відкладень.

Усередині ємності-теплообмінника розміщуються один або декілька ТЕНів. Як правило, у якості матеріалу для ємності виробники використовують вуглецеву сталь, мідь, нержавіючу або оцинковану сталь, що володіють більшою корозійною стійкістю і дозволяють застосовувати як теплоносії побутові антифризи. Зовні ємність покривають теплоізолюючими матеріалами. Побутові ТЕНові електродкотли випускаються потужністю від 4 до 50 кВт. Прилади потужністю до 10 кВт частіше виготовляють в однофазному або трифазному виконанні. У діапазоні понад 10 кВт більшістю виробників пропонуються трифазні моделі.

Індукційні котли

У 80-х роках ХХ століття були створені індукційні котли, що використовувалися для опалення на промислових підприємствах, у тому числі і в СРСР: перший тип споживав струм з частотою 50 Гц, другий – з частотою від 1 кГц і вище. Розміри і вага промислових індукційних котлів досить значні, теплоносії у них циркулює по вторинній обмотці із труб, розміщеної поверх металевого сердечника з первинної обмоткою. Серійні моделі індукційних котлів, призначених для побутових систем опалення і відрізняються від промислових аналогів значно меншими розмірами і вагою, що з'явилися у 90-ті роки минулого століття (Рисунок 1.5).

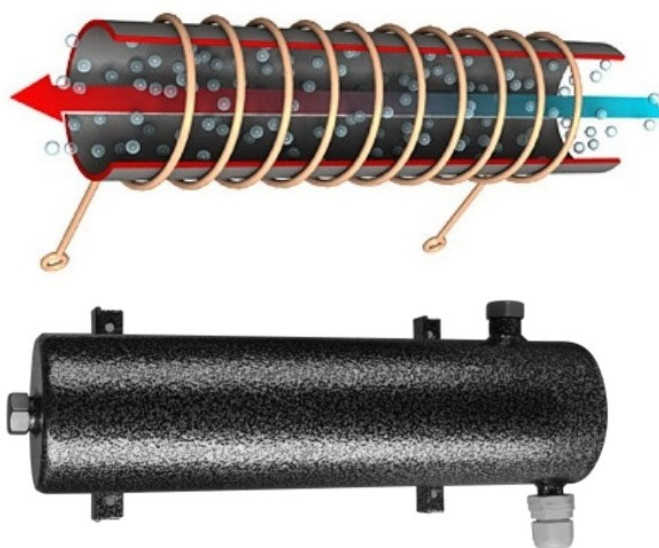


Рисунок 1.5 – Індукційний електричний котел

Корпус індукційного котла складається із осердя на якому розташовані шари електричної та теплової ізоляції між якими розташована індукційна обмотка, виконана мідним дротом. Теплоносієм у якості якого використовується вода або антифриз, надходить в котел та потрапляє усередину внутрішньої труби. Індукційний струм, що генерується високочастотним магнітним полем, викликає нагрів осердя, яке переважає теплоту теплоносія. Високочастотні вібрації стінок не дозволяють накипу відкластися на металевих стінках. Зовнішні шари електричної та теплової ізоляції забезпечують захист від можливих витоків електроструму і тепла.

Змінний струм під напругою, частота якого близько 20 кГц, надходить до котла від напівпровідникового інвертора. Крім інвертора в комплектацію котла входять електронний терморегулятор (датчик температури вбудований у корпус котла) і автоматичні вимикачі.

Котли на твердому паливі

Твердопаливний котел працює за принципом виділення тепла в процесі горіння палива, в якості якого виступає вугілля, торф, дрова, кокс, а також пелети (паливні гранули). Крім того, в котлі можна спалювати будівельні та сільськогосподарські відходи: тирсу, тріску, лушпиння соняшника, тим самим не тільки опалюючи приміщення, але і утилізуючи побутове сміття.

На сьогоднішній день твердопаливні котли в Україні користуються величезною популярністю серед власників приватних будинків, оскільки, по-перше, вони дозволяють економити, по-друге, вони вирішують проблему опалення в оселі, де не проведено газ.

Твердопаливний котел є прямим нащадком першого джерела тепла – багаття, за допомогою якого зігрівалися і готували їжу наші далекі предки. У спробах створення більш зручної опалювальної системи, через кілька століть з'явилися каміни відкритого і закритого типів. І вже в кінці 18-го століття, на піку розвитку металургії, були створені перші печі з металу, що стало серйозним поштовхом для створення економічних, безпечних та ефективних опалювальних пристроїв, як твердопаливні котли.

Котли, що працюють на твердому паливі, бувають декількох видів і мають значні відмінності між собою. З огляду на основні характеристики пристроїв, ми можемо поділити їх на 4 типи:

- класичні;
- котли тривалого горіння;
- піролізні;
- автоматичні.

Класичний котел

Класичний варіант твердопаливного котла (Рисунок 1.6) опалює приміщення за рахунок полум'яного згоряння твердого палива. Працює такий пристрій на вугіллі, торфі, а також дровах. У більшості моделей паливо закладається в котел вручну, таким же чином, власноруч очищається і зола.

Усі класичні твердопаливні котли розрізняються на моделі з чавунним або сталевим теплообмінником. В аспекті довговічності виграє, звичайно ж, чавун, термін експлуатації якого при правильній експлуатації досягає 20 і більше років. Котел ж зі сталевим теплообмінником працює 6...8 років. Недоліки класичних моделей полягають в чутливості до перепадів температури, а також до пошкодження від випадкових механічних ударів.



Рисунок 1.6 – Класичний твердопаливний котел

Котли тривалого горіння

Як правило, такі твердопаливні котли працюють за принципом «верхнього горіння». До того, як повітря потрапляє безпосередньо в топку, де відбувається горіння, воно підігрівається для того, щоб в результаті зменшити кількість відходів горіння: сажі та золи (Рисунок 1.7).

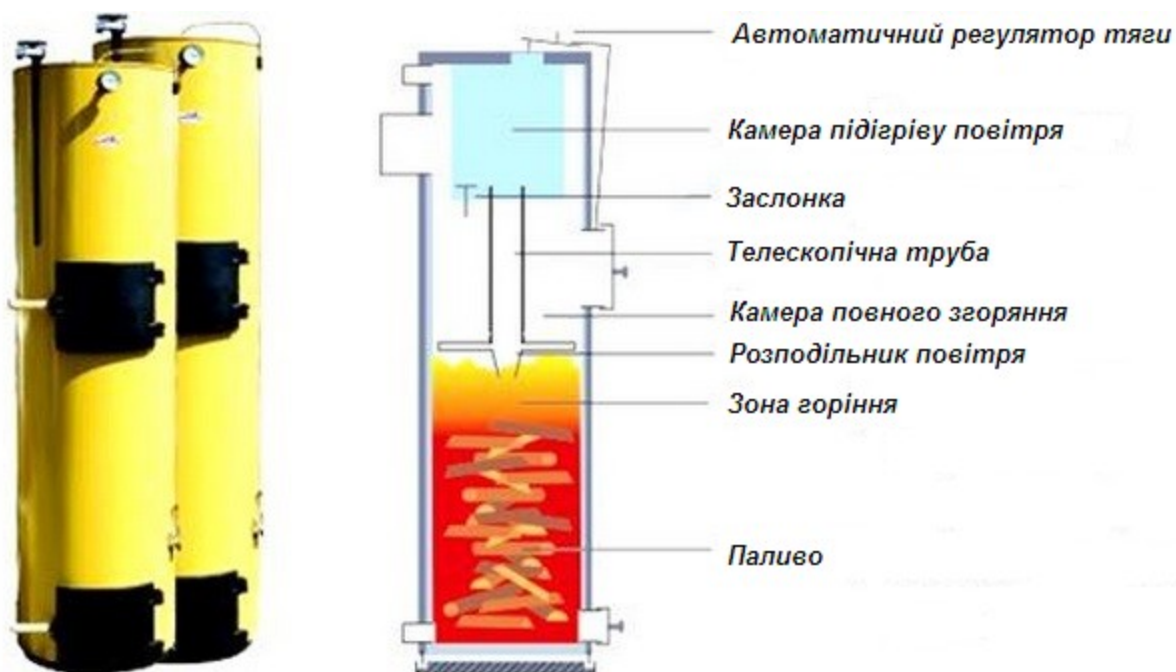


Рисунок 1.7 – Котел тривалої дії

Кисень подається не знизу вгору, як у класичному котлі, а зверху вниз. Таким чином горить тільки верхній шар твердого палива, укладеного в топці. Через те, що повітря заходить зверху, воно не проникає вниз і там процес горіння неможливий. Коли верхній шар згорає, починає горіти наступний шар, розташований нижче. Такий підхід дозволяє дуже економно витратити паливо, і контролювати процес горіння.

Котли тривалого горіння із утворенням горючого газу працюють за двома системами: системою Булерьян, а також системі Стропува. Однак, система Стропува не знайшла поширення через високу вартість та складності в експлуатації, тому популярністю користуються в основному котли, що працюють за принципом канадської системи Булерьян (Рисунок 1.8).

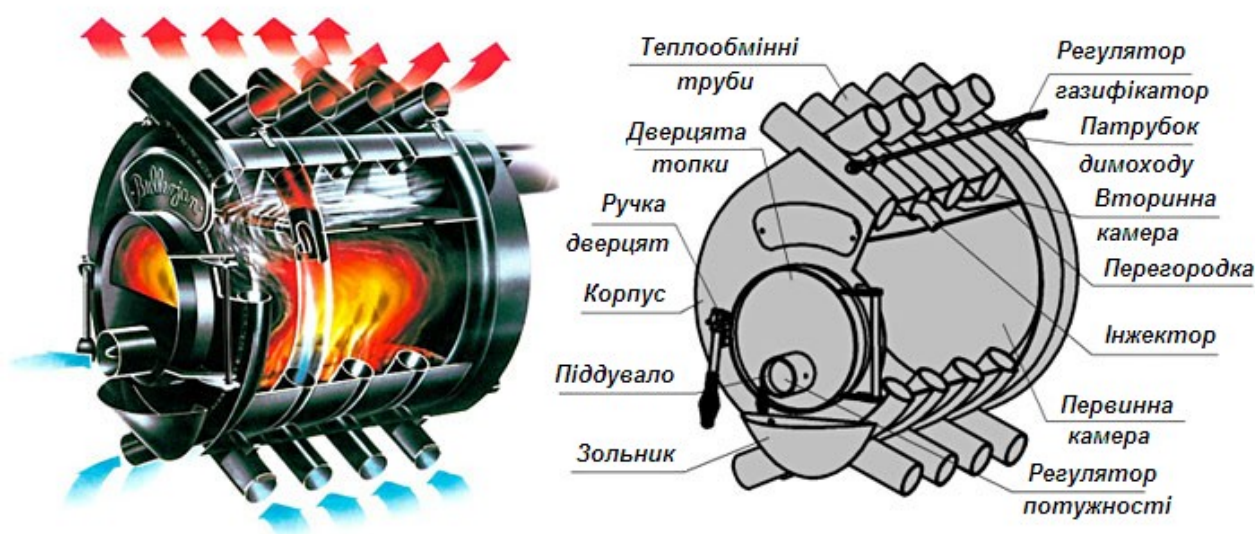


Рисунок 1.8 – Твердопаливний котел тривалої дії системи Булерьян

Котли системи Булерьян – це піч, яка складається з двох камер – в першій відбувається тління, а також утворення газу, в другій – змішування газу з повітрям і його повне подальше згорання. Пристрої можуть працювати на вугіллі, деревині і деревних відходах. На одному завантаженні палива котел може пропрацювати до 5-ти діб, чого не досягає жодна з інших моделей твердопаливних котлів.

Іншим типом котлів тривалого горіння є піролізні котли (Рисунок 1.9). Принцип роботи піролізного твердопаливного котла заснований на процесі розкладання твердого палива на піролізний газ і кокс. Досягається це завдяки недостатній подачі повітря. Через це повітря паливо повільно тліє, але не горить, в результаті утворюється піролізний газ. Цей газ поступає у сопло пальника, де відбувається змішування з повітрям. Потім суміш направляється в камеру згорання, де вона згорає при температурі, що досягає 1200 градусів.

Завдяки процесу піролізу в диму вкрай мало шкідливих речовин, сажі та золи. Тому піролізні котли додатково є екологічними. Піролізні котли мають найвищий ККД, а горіння може тривати до 10 годин.

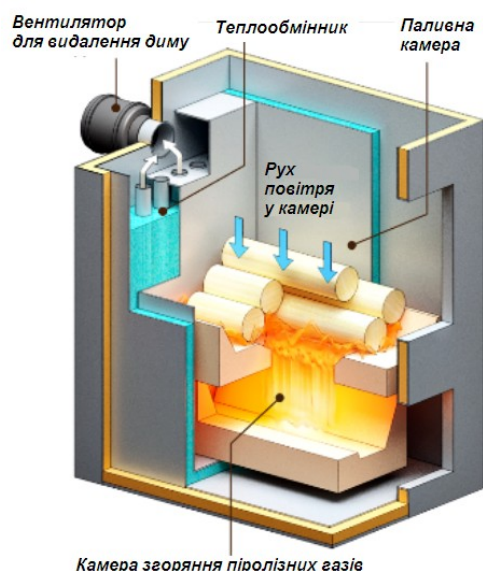


Рисунок 1.9 – Піролізний котел

Піролізні котли максимально прості в експлуатації, так як забезпечують повне згоряння палива. Єдиним недоліком їх є те, що вони критичні до якості палива. Для них потрібне паливо із малою вологістю. При підвищенні вологості палива ККД значно падає аж повного припинення реакції піролізу.

Автоматичні котли

Автоматичні котли оснащені автоматизованою системою завантаження палива, а також очищення від золи. Такі моделі обладнані спеціальним бункером, шнековим або транспортерним, який і відповідає за повну автоматизацію роботи. Працюють дані пристрої як на пеллетах, так і на вугіллі. Серед переваг можна виділити максимально просту експлуатацію, наявність регулятора температури, а також датчика, який стежить за температурою всередині пристрою. Але головний недоліком є максимальні витрати палива в порівнянні з іншими моделями твердопаливних котлів.

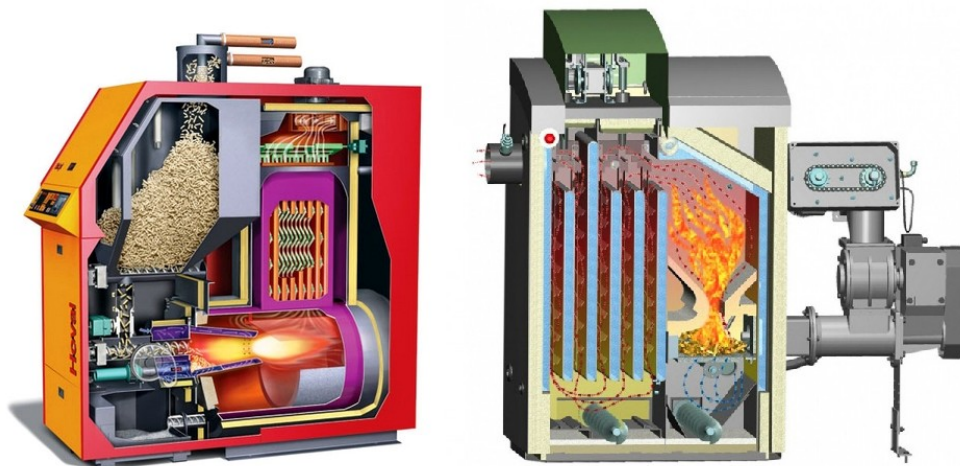


Рисунок 1.10 – Автоматичні котли

1.3 Лабораторно-практичне завдання

1. Ознайомитися із основними типам сучасних опалювальних пристроїв та принципами їх функціонування, відповідно до п. 1.2. При виконанні цього пункту також доцільно використовувати додаткові джерела інформації (книжки, статті у журналах, рекламні матеріали, тощо). При вивченні матеріалів особливу увагу слід приділити сферам та межам застосування різних типів котлів.

2. Обрати енергозберігаючі пелетні або електричні котли для заміни існуючих газових котлів (Таблиця 1.1).

3. Визначити енергетичну та економічну ефективність заміни існуючих котлів на енергозберігаючі, визначити термін окупності зазначеної заміни. При визначенні даних показників слід враховувати можливість щорічного підвищення тарифів на енергоносії на 10% щорічно.

Таблиця 1.1 – Вхідні дані до лабораторної роботи

Номер бригади	Область	Модель газового котла	Річний обсяг споживаного природного газу, V_1
1	Вінницька	BERETTA City 24 CSI	4 000 м ³
2	Волинська	NOVA FLORIDA DELFIS RTFS 40	10 000 м ³
3	Дніпропетровська	АТЕМ ЖИТОМИР-М АОГВ 15	2 000 м ³
4	Житомирська	ATON Atmo 16E	3 000 м ³
5	Запорізька	ПРОСКУРІВ АОГВ-13	2 500 м ³
6	Івано-Франківська	ПРОСКУРІВ АОГВ-10	1 500 м ³
7	Кіровоградська	ARISTON CLAS EVO SYSTEM 24	4 000 м ³
8	Львівська	NOVA FLORIDA PICTOR CONDENSING LINE TECH KR 85	20 000 м ³
9	Миколаївська	NOVA FLORIDA ORION RTFS 32	15 000 м ³
10	Полтавська	NOVA FLORIDA PICTOR DUAL LINE RTN 24	3 000 м ³
11	Рівненська	NOVA FLORIDA DELFIS CONDENSING KRB 12	2 000 м ³
12	Сумська	ПРОСКУРІВ АОГВ-13	1 800 м ³
13	Харківська	ПРОСКУРІВ АОГВ-10	1 500 м ³
14	Херсонська	BERETTA City 24 CSI	2 000 м ³
15	Хмельницька	АТЕМ ЖИТОМИР-М АОГВ 15	3 500 м ³

1.4 Умови виконання та захисту роботи

Перед виконанням роботи студент отримує у викладача назву номера варіанта для якого необхідно виконати роботу. Під час планового заняття цей номер, як правило, відповідає номеру бригади. У випадку коли робота виконується студентом самостійно (наприклад, коли студент був відсутній на занятті) викладач назначає номер варіанту із таблиці (Таблиця 1.1) на власний розсуд.

Робота вважається виконаною у випадку були виконані усі необхідні виміри. Викладач має право перевірити та попросити студента пояснити походження того чи іншого значення. У випадку сумнівів у коректності даних робота вважається невиконаною і студент повинен її переробити. Якщо викладач вважає, що робота виконана у повному обсязі він ставить відповідну відмітку у протоколі.

До захисту допускаються студенти з протоколом, оформленим відповідно до вимогам до даної роботи.

Захист роботи відбувається письмово шляхом вирішення тестового білет або за допомогою електронної системи тестування. Під час захисту студент повинен відповісти на 5 питань п.1.5. За кожну правильну повну відповідь на питання студенту нараховується 20 балів. За неповну відповідь – 5...15 балів (залежно від ступеню повноти). За неправильну відповідь або у разі відсутності відповіді бали не нараховуються. Робота вважається захищеною у випадку, коли студент набрав не менше 60 балів.

Під час захисту роботи студент може користуватися лише своїм протоколом, калькулятором та довідковими даними (видається викладачем).

1.5 Контрольні питання

1. У яких одиницях вимірюється потужність (ККД) котла?
2. Які типи електричних котлів існують (не існують)?
3. Які типи твердопаливних котлів існують (не існують)?
4. На якому паливі працюють твердопаливні (електричні) котли?
5. Які види палива відносяться до традиційних (альтернативних)?
6. Яка кількість тепла виділиться при згорянні певної кількості (значення) палива з теплотою згорання (значення)?
7. Яка кількість тепла була генерована котлом з ККД (значення) якщо на його роботу було витрачено певна кількість (значення) палива з теплотою згорання (значення)?
8. Яку потужність споживає система опалення якщо за період часу (значення) було витрачено певна кількість (значення) палива (значення) з теплотою згорання (значення), а ККД котла дорівнює (значення)?
9. Скільки коштів потрібно витратити на роботу системи опалення на основі котла з ККД (значення), що працює на паливі вартістю (значення) та теплотою згорання (значення) за певний період часу (значення) якщо система опалення потребує певну потужність (значення)?
10. Система опалення містить котел з ККД (значення) та споживає певну кількість палива (значення) вартістю (значення) та теплотою згорання (значення). На скільки зміняться витрати на опалення після проведення модернізації у результаті якої витрати тепла на опалення змінилися на певну величину (значення) та встановлено новий котел з ККД (значення), що працює паливі вартістю (значення) та теплотою згорання (значення)?

1.6 Методика виконання роботи

1. За назвою моделі котла слід у відкритих джерелах, наприклад мережі Інтернет, знайти його технічні характеристики. Знайдені характеристики занести у протокол. Для даного котла слід визначити:

- максимальну потужність, P_1 ;
- коефіцієнт корисної дії, η_1 .

2. Після визначення ККД газового котла необхідно визначити кількість тепла, яка витрачається на роботу системи опалення:

$$Q = V_1 \eta_1 T_{31}, \quad (1.1)$$

де $T_{31} = 45 \text{ МДж/м}^3$ – середня теплота згоряння природного газу

3. Після цього у відкритих джерелах слід знайти автоматичний одно контурний твердопаливний котел, що може працювати на паливних гранулах (пелетах). При виборі котла слід користуватися наступними правилами:

- потужність нового котла повинна знаходитися у діапазоні $-10\ldots+30\%$;

Модель та технічні характеристики твердопаливного котла необхідно занести у протокол. Обов'язково повинні бути наступні характеристики:

- модель;
- потужність;
- ККД;
- вартість.

4. Після цього кількість паливних гранул, яку необхідно витратити на роботу нового котла:

$$V_2 = Q/(\eta_2 T_{32}), \quad (1.2)$$

де η_2 – ККД твердопаливного котла, $T_{32} = 12,6 \text{ МДж/кг}$ – середня теплота згоряння паливних гранул.

5. Визначаємо річну економію коштів:

$$E = V_1 T_1 - V_2 T_2, \quad (1.3)$$

де T_1 , T_2 – відповідно вартість природного газу та паливних гранул, які необхідно взяти із лабораторно-практичного завдання 1.1.

6. Визначаємо приблизний термін окупності:

$$N = B_2/E, \quad (1.4)$$

де B_2 – вартість твердопаливного котла.

1.7 Зміст протоколу

1. Назва та мета роботи.
2. Результати дослідження та розрахунки
3. Висновки.
4. Місце для відміток про виконання та захист роботи (дата, фамілія, ініціали викладача, оцінка, підпис).
5. Додаткові матеріали, що можуть стати у пригоді під час захисту роботи (за вибором студента).

1.8 Приклад тестового білету

1. У яких одиницях може вимірюватися ККД котла?

а) відсотки (%)	б) безрозмірна величина	в) кВт·год
г) кВт	д) кВт/год	е) Немає правильної відповіді

Правильна відповідь: а, б

2. Які типи твердопаливних котлів існують?

а) електродні	б) індукційні	в) піролізні
г) тривалого горіння	д) ТЕНові	е) Немає правильної відповіді

Правильна відповідь: в, г

3. Яка кількість тепла виділиться при згорянні 20 м^3 природного газу з теплотою згорання 45 МДж/м^3 ?

а) 2,25 МДж	б) 900 МДж	в) 90 МДж
г) 45 МДж	д) 20 МДж	е) Немає правильної відповіді

Правильна відповідь: б

Пояснення: $Q = V \cdot T_3 = 20 \cdot 45 = 900 \text{ МДж}$.

УВАГА! Відповіді до задач 4, 5 без наведення рішення не зараховуються!

4. Яку потужність споживає система опалення якщо за 10 днів було витрачено 150 м^3 природного газу з теплотою згорання 45 МДж/м^3 , а ККД котла дорівнює 95%?

Правильна відповідь: 7,42 кВт.

Пояснення:

Кількість теплоти, що міститься у паливі: $Q_1 = V \cdot T_3 = 150 \cdot 45 = 6750 \text{ МДж}$.

Кількість теплоти, що було витрачено на опалення: $Q_2 = Q_1 \cdot \eta = 6750 \cdot 0,95 = 6413 \text{ МДж}$.

1 кВт·год = 3,6 МДж. Переводимо Q_2 у кВт·год: $Q_2 = 6413 / 3,6 = 1781 \text{ кВт·год}$.

Термін роботи: $t = N_{\text{днів}} \cdot N_{\text{годин}} = 10 \cdot 24 = 240 \text{ годин}$.

Потужність системи: $P = Q_2 / t = 1781 / 240 = 7,42 \text{ кВт}$.

5. Скільки коштів потрібно витратити на роботу системи опалення на основі котла з ККД 95%, що працює на природному газі вартістю 9 Грн/м^3 та теплотою згорання 45 МДж/м^3 за 10 днів якщо система опалення потребує середню потужність 8 кВт?

Правильна відповідь: 1458 Грн.

Пояснення:

Термін роботи: $t = N_{\text{днів}} \cdot N_{\text{годин}} = 10 \cdot 24 = 240 \text{ годин}$.

Необхідна кількість теплоти: $Q_1 = P \cdot t = 8 \cdot 240 = 1920 \text{ кВт·год}$.

1 кВт·год = 3,6 МДж. Переводимо Q_1 у МДж: $Q_1 = 1920 \cdot 3,6 = 6912 \text{ МДж}$.

Кількість теплоти у паливі: $Q_2 = Q_1 / \eta = 6912 / 0,95 = 7276 \text{ МДж}$.

Кількість палива: $V = Q_2 / T_3 = 7276 / 45 = 162 \text{ м}^3$.

Кількість коштів на роботу системи: $K = V \cdot T = 162 \cdot 9 = 1458 \text{ Грн}$.

Відповіді студента

1 – г 0 балів (надана неправильна відповідь – г)

2 – г 10 балів (надана неповна відповідь)

3 – б 20 балів (надана правильна відповідь)

4 – 7,42 0 балів (не вказана одиниця виміру)

5 – 1460 Грн 20 балів (допускається відхилення $\pm 2\%$)

Оцінка – 50 балів (робота не захищена).