

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**КУЗИК ІЛІЯ РОМАНОВИЧ**

УДК 621.1

**ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИСТЕМ НА БАЗІ  
КОНДЕНСАЦІЙНОГО КОТЛА ТА ТЕПЛОВОГО НАСОСУ**

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**АВТОРЕФЕРАТ**

дипломної роботи на здобуття вищої освіти  
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

**Дипломною роботою магістра є рукопис**

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор,  
**Тарасенко Микола Григорович,**  
Завідувач кафедри «Електричної інженерії»  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Рецензент** кандидат фізико–математичних наук, доцент  
**Габрусєв Григорій Валерійович,**  
Доцент кафедри вищої математики  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться \_\_\_\_\_ 2018 р. о \_\_\_\_\_ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освітнього ступеня магістр 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька 46б, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитися в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою <http://elartu.tntu.edu.ua/>

*Секретар*

*Екзаменаційної комісії № 38*

Коцюрко Р.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Світова і вітчизняна практика останніх років свідчить про те, що одним із основних напрямків економії паливно-енергетичних ресурсів є децентралізація тепlopостачання, тобто заміна систем опалення з районними і квартальними котельнями на автономні спільні (загально будинкові) та індивідуальні (по квартирні) системи з автономними теплогенераторами. Найефективнішим способом обігрівання житла нині вважаються індивідуальні опалювальні системи, тому вони все ширше застосовуються в новому будівництві і при реконструкції житлового фонду. Капітальні вкладення в такі системи складають менш ніж 50 % інвестицій в системи з районними опалювальними котельнями, а витрати на опалення квартири зменшуються удвічі. Значно ефективніші від великих централізованих систем і автономні спільні системи опалення окремих будинків, а також окремих під'їздів і поверхів – за допомогою автономних дахових, вбудованих, прибудованих або окремо розміщених невеликих котелень чи топкових.

Основні переваги децентралізованого тепlopостачання наступні:

- зменшення (до 40 %) втрат тепла за рахунок повної відмови або часткового зменшення протяжності зовнішніх теплових мереж – джерел великих втрат тепла;
- зменшення (до 15 %) втрат тепла за рахунок більш повної відповідності між режимами його виробництва і споживання;
- скорочення капітальних затрат на будівництво систем;  
спрощення процесів регулювання і управління тепловим режимом систем тепlopостачання.

Впровадження локальних дахових котелень дає змогу заощадити до 30 % коштів, а найбільший енергозберігаючий ефект (економія коштів до 60 %) досягається при обладнанні квартир індивідуальним опаленням: двоконтурними котлами імпортного та вітчизняного виробництва.

Нині, з появою альтернативи централізованому тепlopостачанню, в засобах масової інформації, у спеціалізованих виданнях, на телебаченні й радіо, серед фахівців і споживачів точаться дискусії про позитивні й негативні аспекти того чи іншого способу забезпечення тепловою енергією. Централізоване і децентралізоване тепlopостачання мають свої переваги і недоліки, аналіз яких є предметом окремих досліджень.

Значно нижча вартість тепла, що виробляється автономними теплогенераторами, повна незалежність від комунальних служб, можливість створювати комфортний мікроклімат на особистий смак і розпочинати опалювальний сезон за власним бажанням та інші переваги автономних опалювальних систем над централізованими приваблюють все більшу кількість споживачів, які прагнуть незалежності, надійності та високої якості в забезпеченні теплом. Тому майбутнє – за автономним опаленням, особливо при будівництві нового житла.

Про велике зацікавлення споживачів перевагами децентралізованого тепlopостачання свідчить постійне розширення ринку теплотехнічного обладнання. За оцінками провідних операторів ринку, у 2005 році в Україні було продано обладнання для автономного опалення і гарячого водопостачання (ГВП) не менш ніж на 80 млн. доларів США.

На думку фахівців, розвиткові ринку сприяють такі фактори:

- зростання матеріального добробуту населення;
- незадовільна робота комунальних служб, що зумовлює посилення тенденції до автономності в опаленні;
- зростання обсягів будівництва і, відповідно, наявність великого попиту на житлові об'єкти з автономним опаленням;

- зростання поінформованості громадян України про автономне опалення;
- зростання промислового виробництва, що є фактором реконструкції котельень.

Останнім часом набули широкого поширення конденсаційні котли, які по праву вважаються лідерами з економії та екології серед газових котлів. Секрет його надзвичайної ефективності (коефіцієнт корисної дії може сягати 110 %) полягає в конструкційних особливостях. Конденсаційний котел відбирає з продуктів згорання сховане тепло конденсації водяної пари, що знаходиться в котлі. При цьому вміст шкідливих речовин у продуктах згорання є зовсім незначний. Всі пристрої, необхідні для роботи опалювальної системи, знаходяться всередині котла, і він повністю розрахований до підключення емнісного водонагрівача (бойлера) і системи димовідводів (деякі моделі мають інтегровану систему нагріву води).

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є оцінка енергетичних параметрів комбінованої системи тепlopостачання, яка описує основні етапи перетворення енергії повітря в теплову для підвищення енергоощадності споживання газу побутовими газовими котлами.

**Об'єкт дослідження** – процес заміни джерела тепlopостачання з традиційного на альтернативне.

**Предмет дослідження** – ефективність від впровадження гібридних систем на базі конденсаційного котла та теплового насосу.

**Методи дослідження** – порівняння тепловіддачі та споживання енергоресурсів газовими котлами та комбінованими системами з більш вищим ККД на основі конденсаційного котла та теплового насосу.

#### **Наукова новизна одержаних автором результатів.**

1. Запропоновано методику оцінки енергетичної системи тепlopостачання з використанням відновлювальних джерел енергії, які дозволяють підвищити енергоефективність.

2. Запропоновано конструктивні рішення гібридних установок з тепловими помпами, які на відміну від існуючих, дозволяють перетворювати енергію повітря для підвищення енергоефективності системи.

**Особистий внесок автора** – особистий внесок автора включає постановку мети і задач дослідження, обґрунтування принципів і методів їхнього проведення, якісний і кількісний аналіз результатів, їхня інтерпретація.

**Апробація роботи.** Кузик І.Р. Оцінка енергоефективності гібридних систем на базі конденсаційного котла та теплового насосу / І. Кузик, М. Тарасенко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018. – Т. : ТНТУ, 2018. – С. 254. – (Електротехніка та енергозбереження).

**Структура і обсяг роботи.** Дипломна робота магістра складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел,

Обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 112 сторінки. В роботі міститься 21 рисунок, 63 формули і 1 таблиця.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, планами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

**Перший розділ Аналіз встановлення та експлуатація побутових газових котлів** носить

оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції по досліджуваним проблемним питанням. Підкреслено, що основою ефективної енергетичної політики сучасності повинні стати: енергобезпека, енергоефективність, енергозбереження та екологічна гармонізація суспільного розвитку.

З появою конденсаційних котлів, яким притаманні не тільки високі ККД, але й екологічна частина, за рахунок меншої викиду спаленого газу.

Проведено Аналіз сучасного стану використання теплонасосних установок та оцінено перспективи застосування та енергетичну ефективність тепло насосних станцій в Україні з урахуванням наявних джерел низькотемпературної теплоти (повітря, морської води, річкової води, ґрунту, водосховищ, шахтних вод, термальних вод, каналізаційних стічних вод та ВЕР металургійних комбінатів). Найбільша економія палива досягається ТНС з використанням теплоти термальних та каналізаційних стічних вод (58,17 % та 56,09 %, відповідно). Найменша економія палива властива ТНС з використанням теплоти повітря (20,41 %). В Україні найбільш широко планується використовувати в ТНС теплоту каналізаційних стічних вод та річкової води, що дозволить зекономити відповідно 235,864 та 164,920 млн. м<sup>3</sup> в рік природного газу. Впровадження ТНС на теплоті морської води забезпечить економію природного газу в кількості 96,350 млн. м<sup>3</sup> в рік. – Впровадження теплонасосних станцій в Україні з використанням наявних в регіонах джерел низькотемпературної теплоти дозволить зекономити 614,650 млн. м<sup>3</sup> в рік природного газу та забезпечить зниження викидів СО<sub>2</sub> в кількості 732,263 тис. тон в рік.

### **У другому розділі**

Проведено аналіз теплонасосних систем теплопостачання.

У цей час є досить велика кількість різних систем теплопостачання. Теплопостачання з використанням теплових насосів є одним із альтернативних варіантів.

Вибір варіанта раціонального теплопостачання вимагає виконання порівняльного аналізу теплових насосів і традиційних систем, при цьому результати аналізу повинні бути наведені у вигляді ступеня наближення до однозначного критерію доцільності. Проте, не зважаючи на те, що тепло насосне теплопостачання застосовується у світі вже більше 50 років, не існує єдиного критерію, на підставі якого можна було б однозначно ухвалити рішення про доцільність застосування теплових насосів. На ухвалення рішення одночасно впливають чотири чинники [24]:

- соціальний;
- економічний;
- екологічний;
- енергетичний

Проведено розрахунок економії палива по повному ланцюгу енергетичних перетворень Для теплогенератора, працюючого з використанням теплоти згорання викопного палива, повний ланцюг енергетичних перетворень може бути умовно представлений схемою на рис. 2.1.

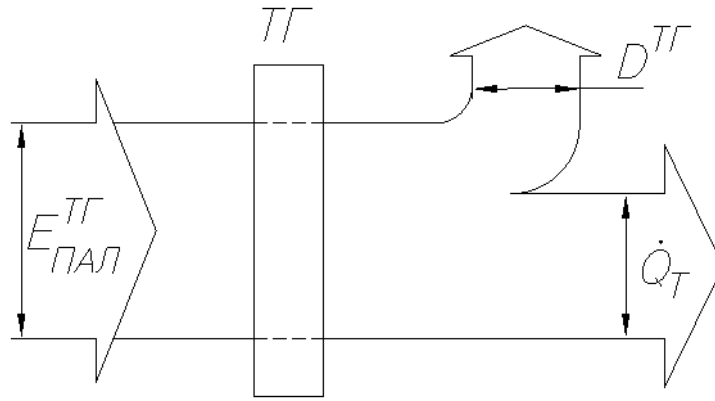


Рис. 2.1. Схема енергоперетворень у теплогенераторі

Відповідно до даного рисунка маємо, що підведений в теплогенераторі потік ексергії вичопного палива  $E_{ПАЛ}^{ТГ}$  перетвориться в тепловий потік  $\dot{Q}_T$ , передаваний споживачеві з відповідним матеріальним потоком. При подібному перетворенні мають місце деструкція і втрати ексергії, визначувані величиною  $D^{ТГ}$ . Ексергетична ефективність теплогенерації виражається через коефіцієнт використання первинної енергії, КПЕ, який записується у вигляді

$$\text{КПЕ}^{ТГ} = \frac{\dot{Q}_T}{E_{ПАЛ}^{ТГ}}. \quad (2.1)$$

На рис. 2.2 наведена еквівалентна схема енергетичних перетворень для системи тепло насосного вироблення теплоти з використанням електроенергії для привода компресора і насосів.

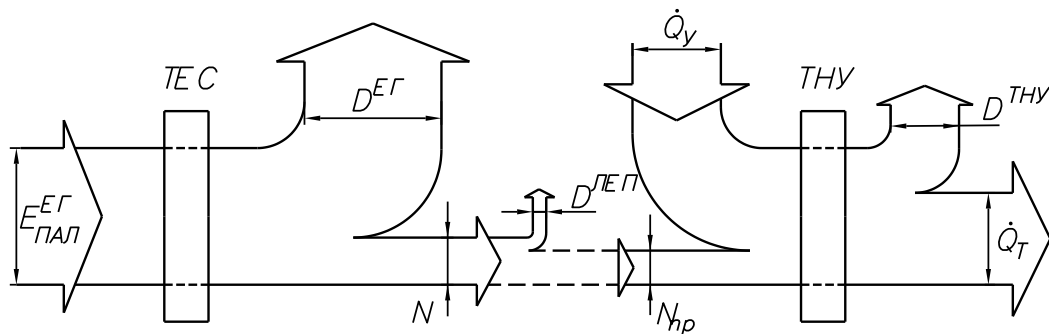


Рис. 2.2. Схема енергоперетворень для тепло насосної установки

Для тепло насосної термотрансформації утилізованого потоку теплоти  $\dot{Q}_y$  в потік теплоти  $\dot{Q}_T$ , який використовується споживачем, необхідно підвести електричну потужність  $N_{np}$  для привода компресорного і насосного устаткування теплонасосної установки (ТНУ). У свою чергу, для забезпечення вказаної потужності  $N_{np}$  необхідна її генерація, наприклад, на теплоелектростанції (ТЕС) за рахунок підведення відповідного потоку ексергії вичопного палива  $E_{ПАЛ}^{ЕГ}$ . Даний ланцюг енергетичних перетворень також супроводжується деструкцією і втратами ексергії: на ТЕС в кількості  $D^{ЕГ}$ , в лінії електропередачі -  $D^{ЛЕП}$ , в ТНУ -  $D^{ТНУ}$ .

Необхідно відзначити, що розглянута схема відповідає ТНУ з тепловим насосом паро компресійного типу.

Розглядаючи баланс енергетичних і допоміжних потоків у межах установки або системи ГВП, можна записати

$$c_Q = \frac{\sum C_E + \sum C_{ПАЛ} + \sum C_{ВС}}{\dot{Q}},$$

Для найбільш поширених типів тепло насосних установок на базі паро компресійних теплових насосів з рівняння (2.14) отримаємо

$$c_Q^{ТНУ} = c_{E/E} \cdot \frac{\sum N}{\dot{Q}} + c_{x.г} \cdot \frac{G_{x.г}}{\dot{Q}}. \quad (2.26)$$

З огляду на те, що відношення теплопродуктивності до сумарної споживаної потужності є коефіцієнтом термотрансформації теплового насоса, рівняння (2.26) можна подати у вигляді

$$c_Q^{ТНУ} = \frac{c_{E/E}}{\varphi_{ТНУ}} + c_{x.г} \cdot \frac{G_{x.г}}{\dot{Q}}. \quad (2.27)$$

Якщо ТНУ використовується для цілей гарячого водопостачання, то

$$c_Q^{ТНУ} = \frac{c_{E/E}}{\varphi_{ТНУ}} + \frac{c_{x.г}}{c_{\Pi} (t_{2\Pi} - t_{1\Pi})}. \quad (2.28)$$

Наведені рівняння показують, що чим вище за значення коефіцієнта перетворення ТНУ, тим нижче питома вартість теплоти. Тому у ряді випадків доцільно робити комбінування ТНУ з іншими теплогенеруючими пристроями, щоб підтримувати відносно високі коефіцієнти перетворення. Подібні теплонасосні установки мають назву "бівалентні".

Теплопродуктивність бівалентної ТНУ є сумою теплових навантажень, підведених до нагрівачого середовища споживача у тепловому насосі і теплообміннику догріву. Як теплообмінник догріву може також розглядатися будь-який тепло генеруючий пристрій, що функціонує при режимних параметрах догріву середовища споживача.

Таким чином, можна записати

$$\dot{Q}_{БТНУ} = \dot{Q}_{ТН} + \dot{Q}_{ТД}, \quad (2.29)$$

де  $\dot{Q}_{ТН}$  – теплопродуктивність теплового насоса;

$\dot{Q}_{ТД}$  – теплопродуктивність теплообмінника догріву.

Введемо для розгляду величину, яка становить частку теплопродуктивності теплового насоса у загальному тепловому навантаженні  $\dot{Q}_{БТНУ}$ , тобто

$$\chi = \frac{\dot{Q}_{ТН}}{\dot{Q}_{БТНУ}}. \quad (2.30)$$

Рівняння (2.14) для бівалентної ТНУ, у якій як теплообмінник догріву, наприклад, використовується теплогенератор на природному газі, матиме вигляд

$$c_Q^{БТНУ} = \frac{c_{E/E}N_{ТН} + c_{E/E}N_{ТГ} + c_{ГАЗ}\dot{V}_{ГАЗ} + c_{ХВ}G_{ХВ}}{\dot{Q}_{БТНУ}}. \quad (2.31)$$

Після підстановки (2.30) в (2.31) отримаємо для систем ГВП:

$$c_Q^{БТНУ} = c_{E/E} \frac{\chi}{\varphi_{ТНУ}} + (c_{E/E}a_N + c_{ГАЗ}\tilde{g}_{ГАЗ})(1-\chi) + c_{ХВ} \frac{G_{ХВ}}{\dot{Q}_{БТНУ}}. \quad (2.32)$$

Аналогічно можна отримати вираз, якщо теплообмінник догріву працює на купованому теплоносієві.

На рисунку 2.5 наведені результати подібної оптимізації для установки: тепловий насос + бойлер на купованому теплоносієві, а на рисунку 2.6 – тепловий насос + теплогенератор, що працює на природному газі.

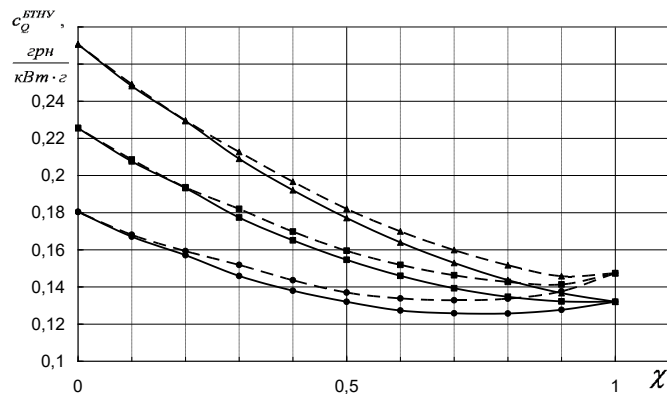


Рис. 2.5. Питома вартість енерговитрат для БТНУ: тепловий насос + бойлер

(без вартості холодної води):

—●—  $c_{ТН}=4$  грн/т; —■—  $c_{ТН}=5$  грн/т; —▲—  $c_{ТН}=6$  грн/т; ----  $T_в = -10^\circ\text{C}$

нагрівальне середовище – вода;  $T_{1П} = 10^\circ\text{C}$ ;  $T_{2П} = 60^\circ\text{C}$ ;  $T_K = 65^\circ\text{C}$ ;  $T_в = -5^\circ\text{C}$ ;

$(T_1)_{Т/Н} = 95^\circ\text{C}$ ;  $(T_2)_{Т/Н} = 75^\circ\text{C}$  холодоагент – R134a;  $c_{E/E} = 0,4$  грн / кВт·г.



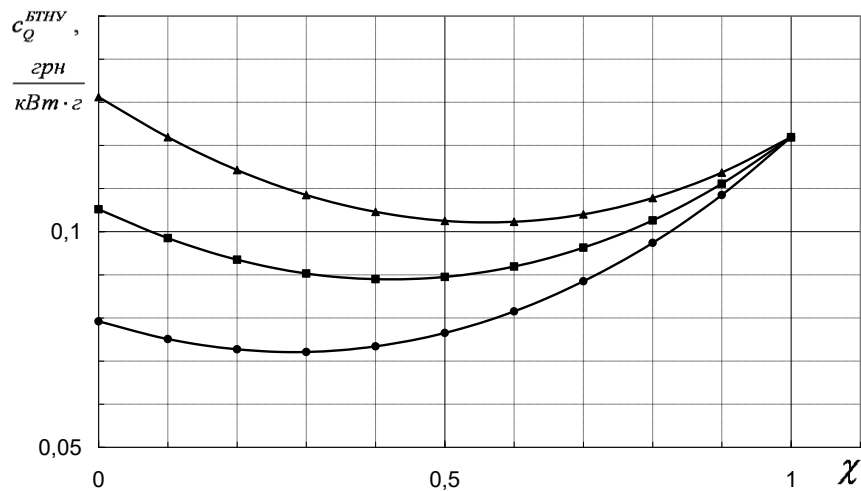


Рис. 2.6. Питома вартість енерговитрат для БТНУ: тепловий насос + теплогенератор на природному газі:

$c_{\text{газ}}=0,6 \text{ грн/м}^3$ ;
 $c_{\text{газ}}=0,8 \text{ грн/м}^3$ ;
 $c_{\text{газ}}=1,0 \text{ грн/м}^3$

нагрівальне середовище – вода;  $T_{1П} = 10^0 \text{ C}$ ;  $T_{2П} = 60^0 \text{ C}$ ;  $T_K = 65^0 \text{ C}$ ;  $T_B = 0^0 \text{ C}$ ; холодоагент – R134a;  $\varphi=3,28$  (для  $\chi=1$ );  $c_{E/E} = 0,4 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{г}$ . З урахуванням вартості холодної води 2 грн/т всі значення збільшуються на 0,0344 грн/кВт·г.

Як показують результати розрахунку, наведені на рисунках 2.5 і 2.6, для вибраних умов роботи БТНУ оптимальні значення частки  $\chi$  лежать в діапазоні 0,7-0,8, якщо як теплообмінник догріву застосовується бойлер з досить низьким значенням ціни теплоносія. Для комбінації теплового насоса з теплогенератором (водогрійним котлом) оптимум  $\chi$  відповідає значенням 0,4-0,5 при ціні на газ вище, ніж 0,6 грн/м<sup>3</sup> (при розрахунковому тарифі на електроенергію).

Вартісна оцінка енергоспоживання за розрахунковий період часу  $\tau_p$  виконується за залежністю

$$C^{EH} = c_Q \dot{Q} \tau_p. \quad (2.37)$$

Якщо протягом розрахункового періоду для ТНУ або БТНУ змінюються параметри утилізованого середовища, то необхідно в розрахунковий вираз (2.37) вводити середні значення  $C_Q$  або  $\dot{Q}$ , що враховують нерівномірність коефіцієнта перетворення або теплового навантаження

**В третьому розділі** для практичної реалізації запропонованих у роботі заходів необхідно розробити програмне забезпечення для ІВС теплопостачання будинку, яке б реалізувало їх. Сервісне програмне забезпечення ІВС ТЖБ має вирішувати таке коло задач:

1. Автоматично проводити розрахунок тепла, яке споживається.
2. Спостерігати графіки температури води в системі опалення та тепловитрат за вказані проміжки часу по квартирах, стояках, під'їздах.
3. Керувати базою вимірювальних даних, яка постійно поповнюється новими даними.

4. Контролювати роботу опалювальної системи та, зокрема, ІВС ТЖБ, вказуючи на місце неполадки.

5. Аналізувати коректність даних, виходячи з статистичних даних вимірювань, швидкості зміни даних та ін., щоб забезпечити надійність роботи системи.

**В четвертому розділі** проведено аналіз ефективності інвестицій у конденсаційні котли. Для порівняння вибрано два котли фірми Vaillant:

а) стандартний газовий котел – Vaillant TurboTEC Pro VUW 282-3 29 кВт.

б) конденсаційний газовий котел – Vaillant EcoTEC plus VUWINT 246/5 24 кВт.

Визначено, що додаткові кошти на пропонований конденсаційний котел Vaillant EcoTEC plus VUW INT 246/5 24 кВт повернуться до його власника менш ніж за рік за рахунок економії газу.

У **п'ятому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто такі питання: фізичні основи електробезпеки; проведення інструктажів з охорони праці на підприємствах; та структура цивільного захисту підприємства.

У **шостому розділі** «Екологія» розглянуто питання про: класифікацію альтернативних джерел енергії; актуальність вирішення екологічних проблем в енергетиці.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз загальних вимог до автономного опалення України та рекомендацій щодо підбору газових котлів. Проаналізувавши ситуацію на ринку України визначено що найбільш розповсюдженими та енергоефективними є конденсаційні котли за рахунок використання ККД теплоти згорання та теплоти конденсації, що є більш ефективним чим у звичайних газових котлів.

2. Оцінено перспективи застосування та енергетичну ефективність тепло насосних станцій в Україні з урахуванням наявних джерел низькотемпера -турної теплоти (повітря, морської води, річкової води, ґрунту, водосховищ, шахтних вод, термальних вод, каналізаційних стічних вод та ВЕР металургійних комбінатів). Найбільша економія палива досягається ТНС з використанням теплоти термальних та каналізаційних стічних вод (58,17 % та 56,09 %, відповідно). Найменша економія палива властива ТНС з використанням теплоти повітря (20,41 %).

3. Після проведення економічного аналізу використання конденсаційних котлів визначено Додаткові кошти на пропонований конденсаційний котел Vaillant EcoTEC plus VUWINT 246/5 24 кВт повернуться до його власника менш ніж за рік за рахунок економії газу. В умовах постійного зростання цін на газ та терміну служби котла не менше 10 років актуальність та економічна доцільність застосування конденсаційного котла стає очевидною в будь-якому випадку. Маючи таке обладнання у себе вдома досягається максимальна ефективність в опаленні, а це у свою чергу – відчутна економія порівняно з традиційним газовим обладнанням.

4. За підсумком експлуатації тепловий насос бере на себе 70% теплового навантаження за опалювальний період, лише при настанні холодів з низькими температурними показниками (-15°C і нижче) необхідно використовувати електричний котел. В результаті експлуатації комбінованих систем опалення зменшуються експлуатаційні витрати та зберігається належний рівень комфорту

5. Застосування теплонасосної установки може підвищити ефективність використання первинної електроенергії і зекономити додаткові кошти, але необхідно зважати на коефіцієнт перетворення проєктованої установки в розрахункових режимах. Для більш

ефективного застосування, рекомендовано використовувати бівалентну теплонасосну установку, тобто, комбіновану з іншими джерелами теплопостачання, оскільки теплопродуктивність бівалентно ТНУ є сумою теплових навантажень, підведених до нагрівального середовища споживача у тепловому насосі і теплообміннику догріву. Як теплообмінник догріву може також розглядатися будь-який тепло генеруючий пристрій, що функціонує при режимних параметрах догріву середовища споживача. У нашому випадку пропонується комбінувати з газовим конденсаційним колом.

### ***Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи***

Кузик І.Р. Оцінка енергоефективності гібридних систем на базі конденсаційного котла та теплового насосу / І. Кузик, М. Тарасенко // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22-24 травня 2018. – Т. : ТНТУ, 2018. – С. 254. – (Електротехніка та енергозбереження).

### **АНОТАЦІЯ**

**Кузик І.Р.** Оцінка енергоефективності гібридних систем на базі конденсаційного котла та теплового насосу. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломна робота присвячена розвитку науково-технічної думки про енергоефективність альтернативних джерел енергії у системі теплопостачання. Доведено, що одним із найкращих відновлюваних джерел для України є тепла помпа.

Запропоновано модернізувати систему теплопостачання використовуючи конденсаційний котел та тепловий насос..

Ключові слова: спалювання палива, облік палива, енергетика.

### **ANNOTATION**

**Kuzik I.R. Estimation of energy efficiency of hybrid systems based on a condensing boiler and a heat pump. - The manuscript.**

Master thesis on specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics. - Ternopil National Technical University named after Ivan Puluj, Ternopil, 2018.

The thesis is devoted to the development of scientific and technical thought about the energy efficiency of alternative energy sources in the heat supply system. It is proved that one of the best renewable sources for Ukraine is a heat pump.

It is proposed to modernize the heat supply system using a condensing boiler and a heat pump.

Key words: fuel combustion, fuel accounting, power engineering.