

Енергозберігаючі технології

Тема 4. Енергозберігаючі технології
у системах опалення

Сучасні котельні технології (лекція)

Варіанти опалення будинку



- Центральна тепломережа
- Природний газ
- Електроенергія
- Кам'яне вугілля
- Пелети
- Дрова
- Теплові насоси
- Альтернативні джерела

Екологічні наслідки використання різних видів палива



Природний газ – призводить до збільшення викидів парникових газів та глобального потепління



Кам'яне вугілля – призводить до викидів шкідливих речовин (сірка, фосфор, берилій, ртуть, миш'як, селен, марганець, ванадій, хром, торій та уран), парникових газів та глобального потепління

Екологічні наслідки використання різних видів палива



Дрова – призводить до знищення лісів та глобального потепління

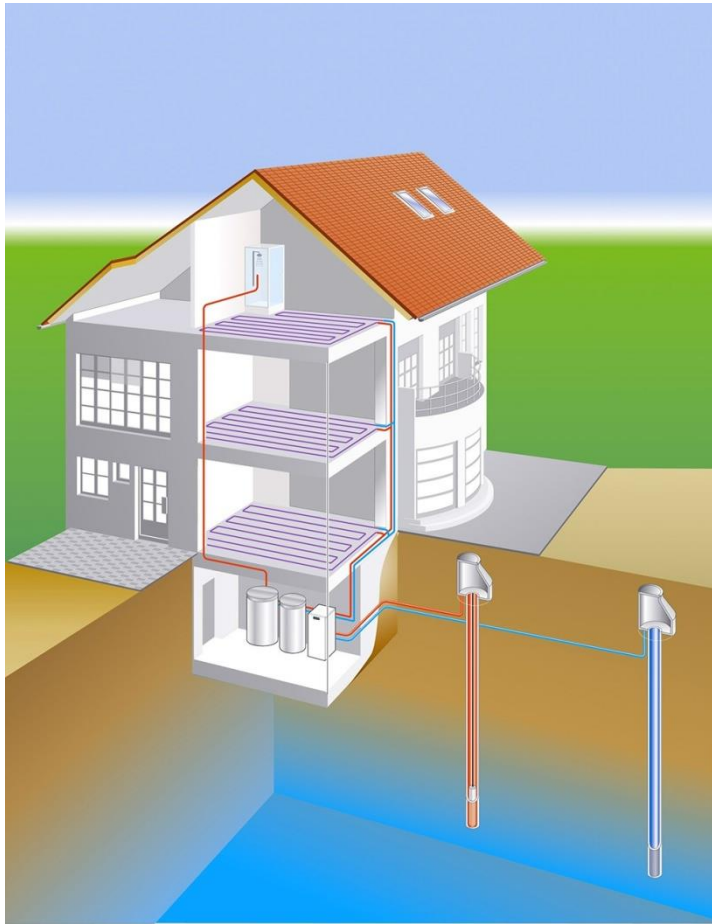


Екологічні наслідки використання різних видів палива



Пелети – якщо їх виготовляють із екологічно чистих матеріалів і їх виготовлення не призводить до знищення лісів, то вони є екологічно чистим та поновлювальним видом палива

Екологічні наслідки використання різних видів палива



Теплові насоси – теоретично можуть стати екологічно чистим енергоресурсом, бо вони використовують вже існуюче тепло

Що необхідно для опалення?



- Гроші
- Енергоносії
- Енергія

Скільки потрібно енергії на опалення?

II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	кВт · год	(кВт · год)/м ³	кВт · год	(кВт · год)/м ³
Енергоспоживання систем опалення	148 889	55,93	107 500	40,38
Енергоспоживання систем вентиляції	-	-	-	-
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	-	-	-	-
Енергоспоживання систем охолодження	-	-	-	-
Енергоспоживання систем освітлення	13 200	4,95	13 200	4,95
УСЬОГО:	162 089	60,88	120 700	45,33

Електричні котли



Переваги:

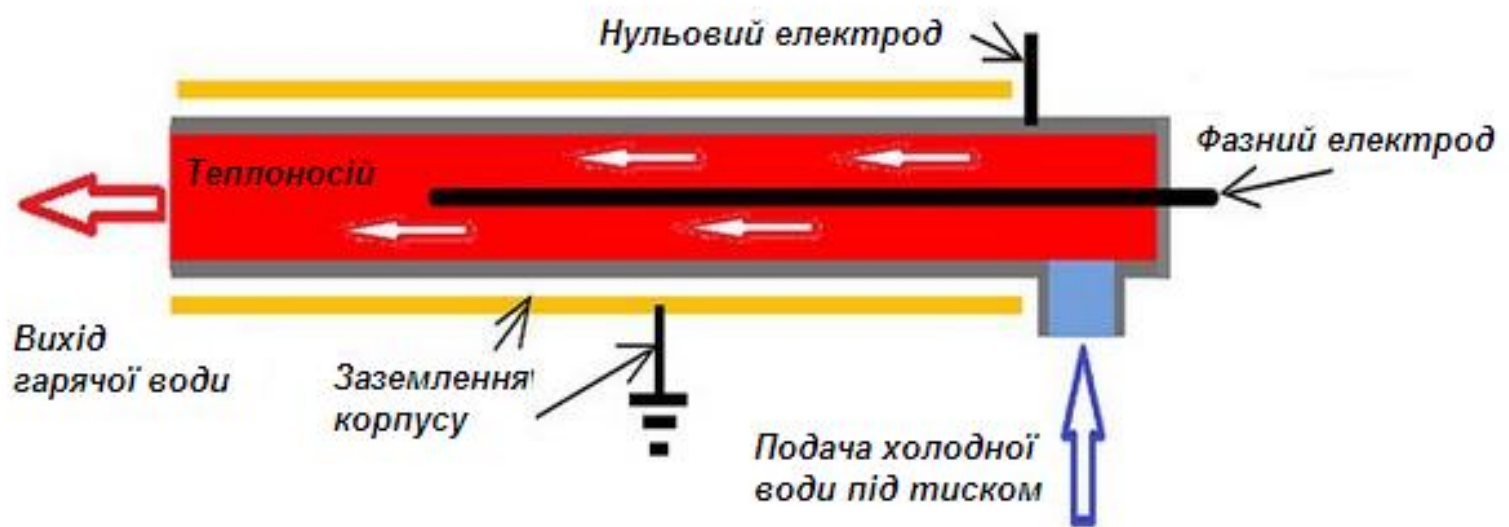
- Простота
- Низька вартість
- Точна підтримка теплового режиму
- Не виділяють ніяких шкідливих речовин
- Повністю автоматизовані
- Найбільш безпечні
- ККД → 100%

Недоліки:

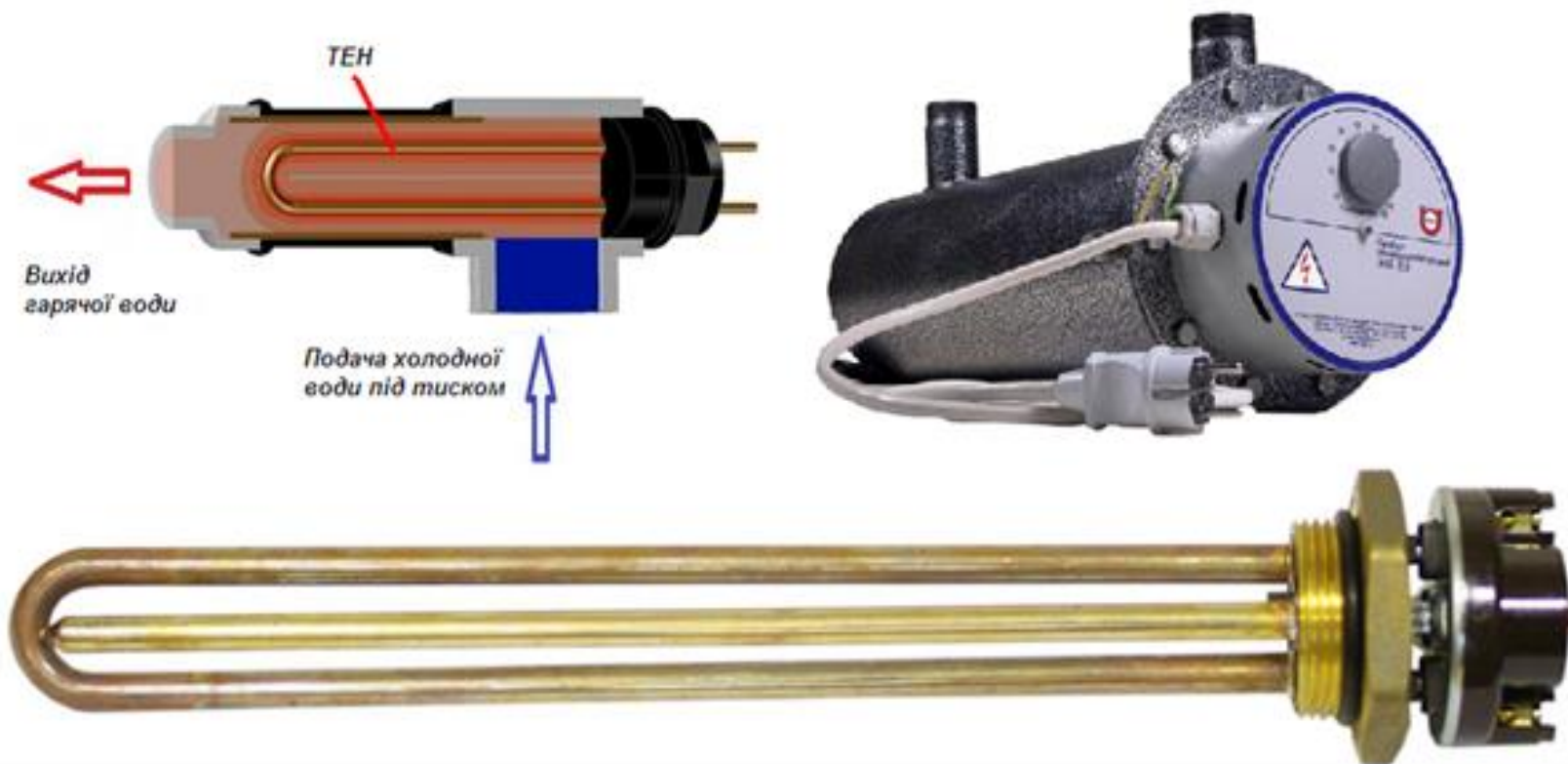
- Немає

Електрична енергія один із самих дорогих енергоресурсів!

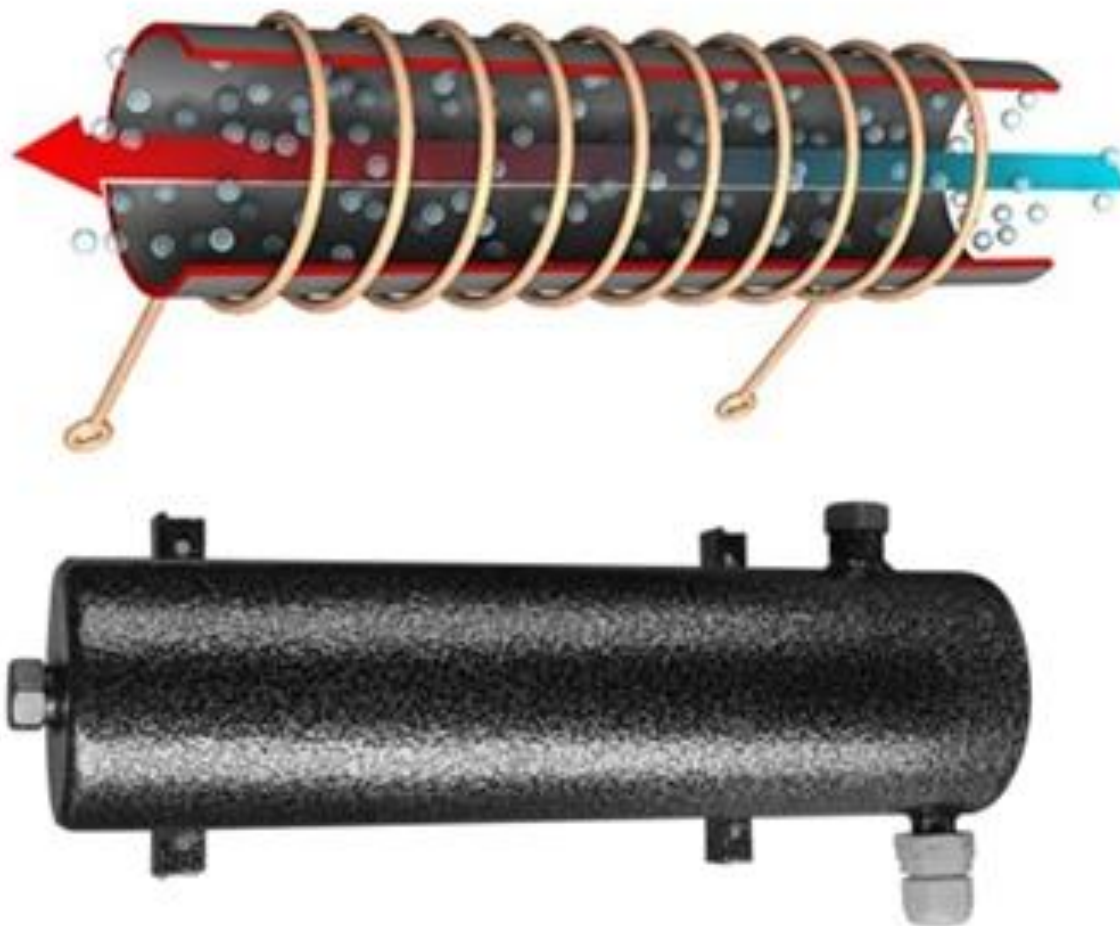
Електричний електродний котел



Електричні котли із використанням ТЕНів



Індукційні електричні котли



Електрична енергія



Кількість енергії
 $W = 107\,500$ кВт·год

Тариф на електроенергію
 $T = 1,68$ грн/кВт·год

ККД електричного котла
 $\eta \approx 100\%$

Вартість опалення

$$B = WT/\eta = 107500 \cdot 1,68/1 = 180\,600 \text{ грн}$$

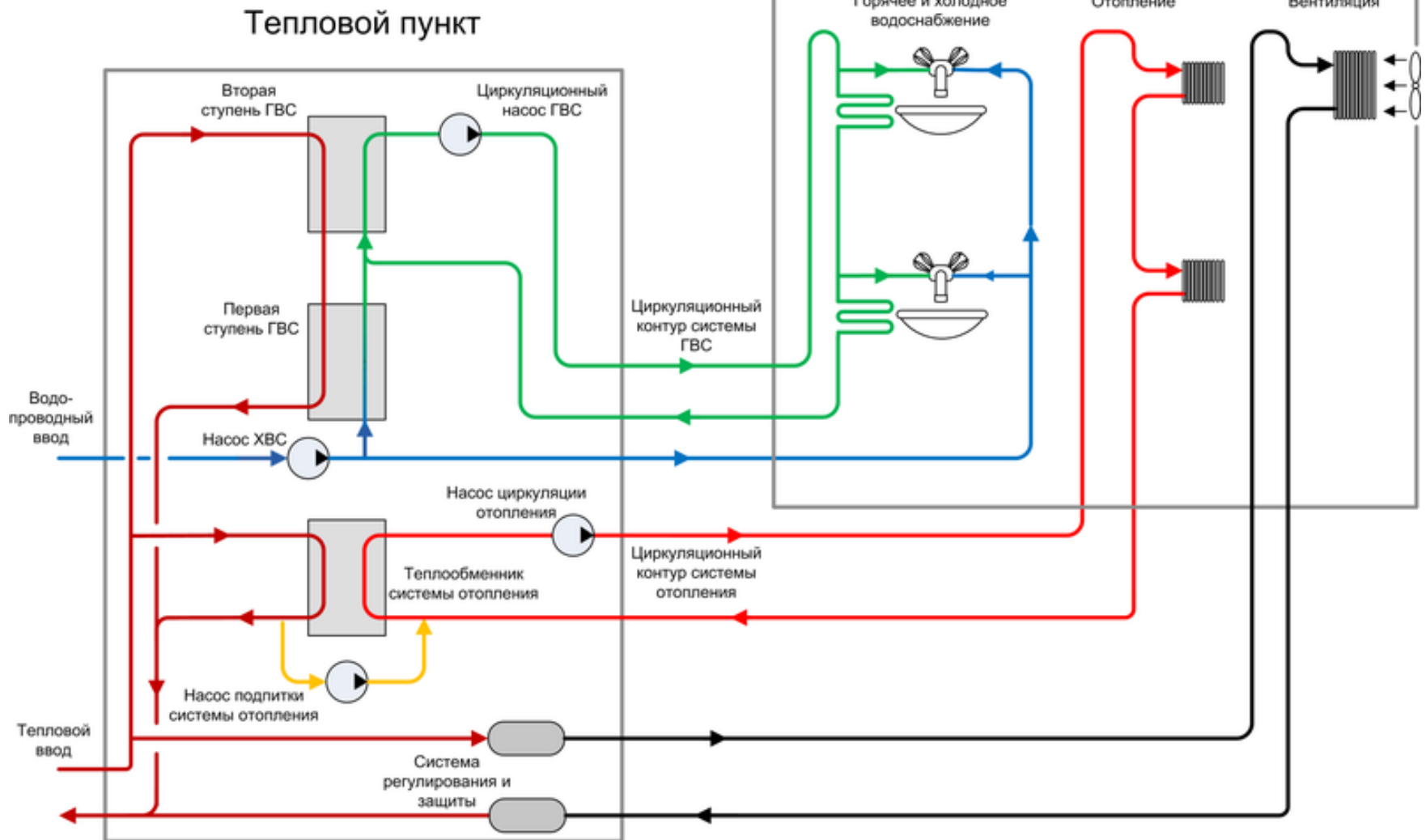
Теплові пункти



Тепловий пункт – комплекс обладнання, за допомогою якого здійснюється керування системами:

- **опалення**
- **гарячого водопостачання**
- *холодного водопостачання*
- *вентиляції*

Жилое здание



Індивідуальний тепловий пункт дитячого садка



Квартирний тепловий пункт компанії HERZ STANDARD

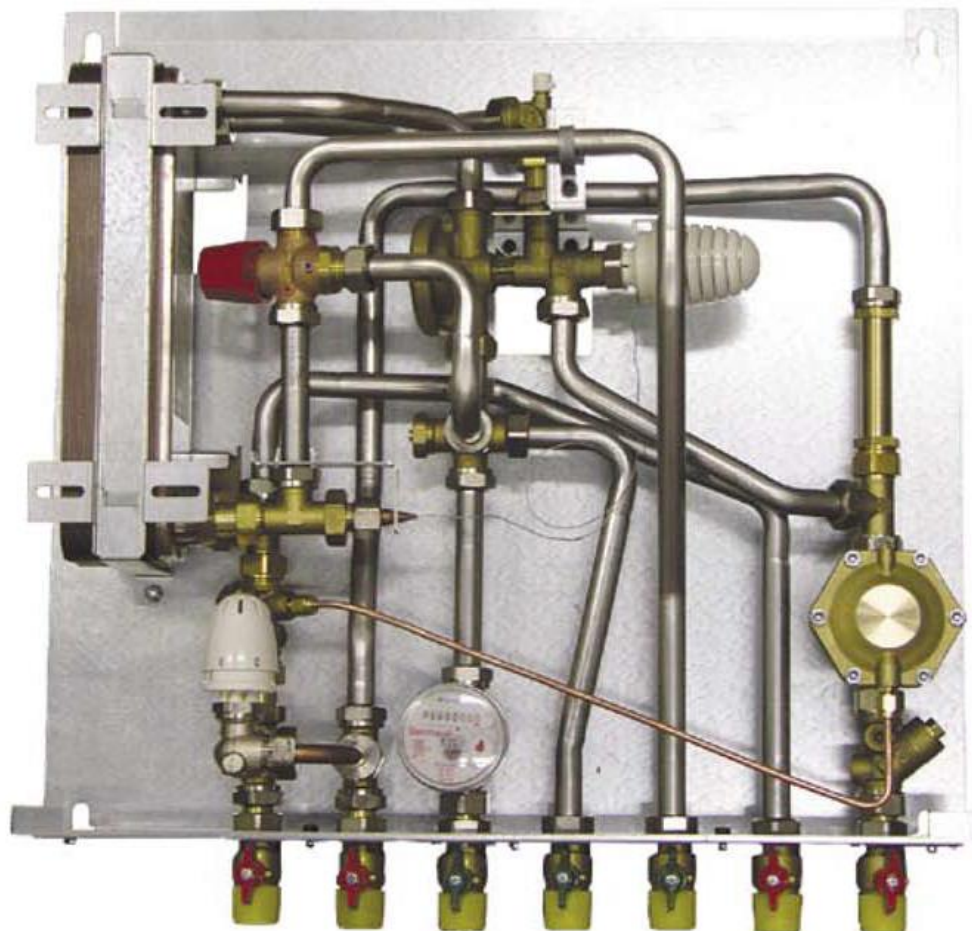
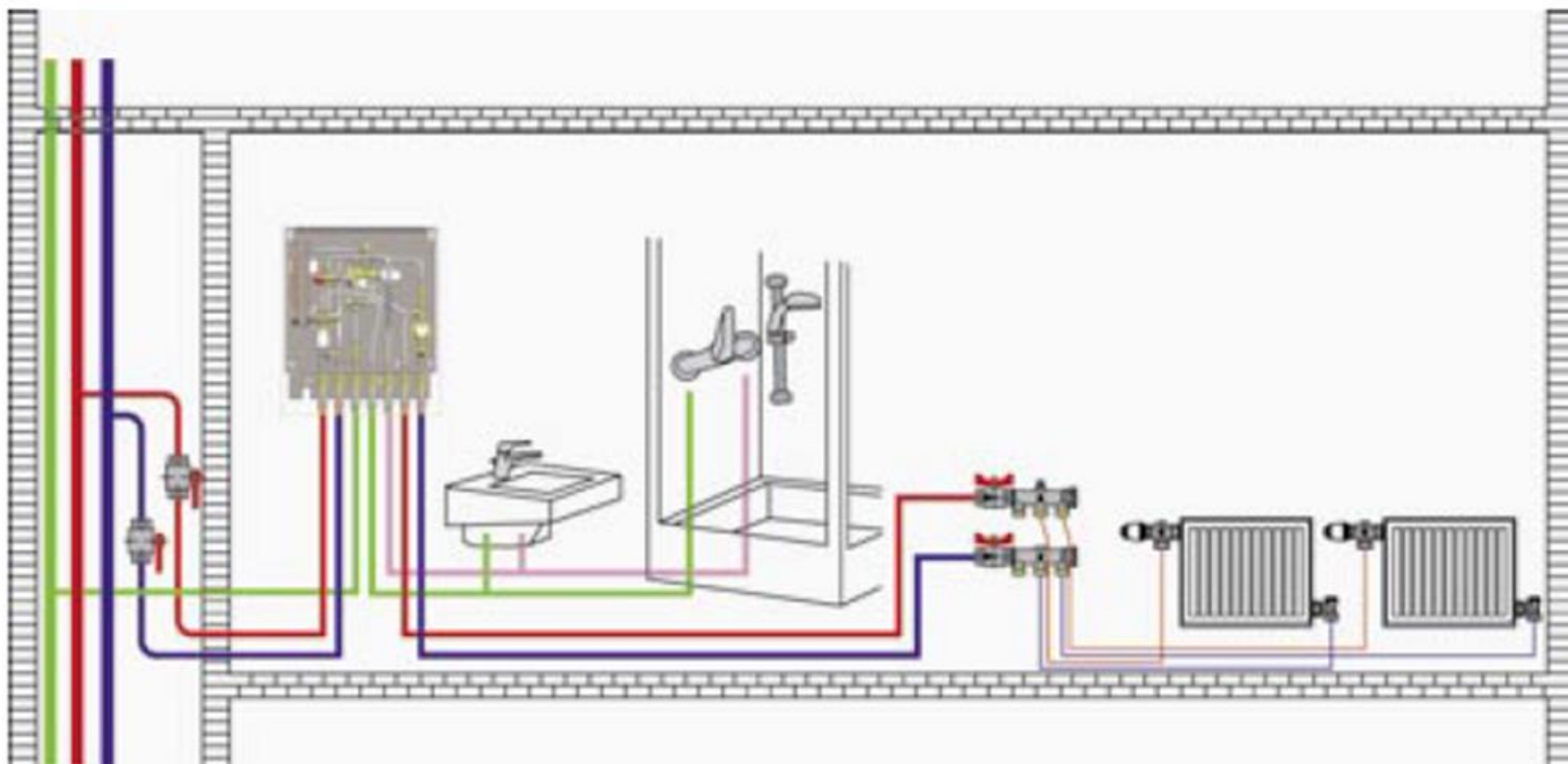


Схема підключення квартирної теплової точки



Централізоване опалення

Переваги:

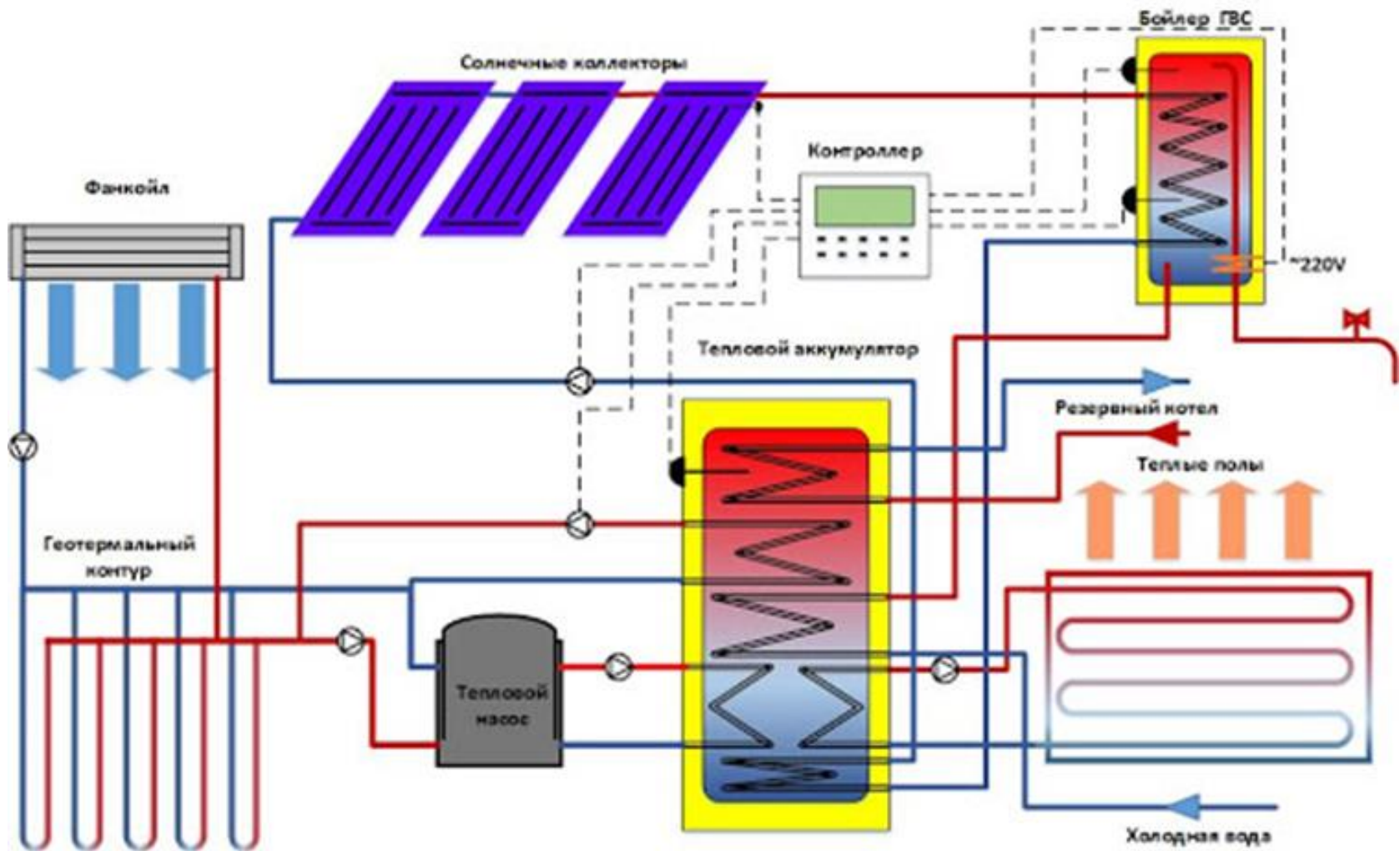
- Централізований вузол керування інженерними системами будівлі
- Можливість повної автоматизації
- Можливість поступового переходу на альтернативні джерела енергії
- Можливість подальшої модернізації

Недоліки:

- Залежність від сторонніх організацій (за наявності власних котелень може бути частковою)



Тепловий пункт із використанням сонячних колекторів та теплових насосів



Теплова енергія



$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж} = 4,1868 \text{ Вт}\cdot\text{с}$$

$$1 \text{ Гкал} = 1163 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Кількість енергії

$$W = 107\,500 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

$$W = 107500/1163 = 92,4 \text{ Гкал}$$

Тариф на теплову енергію

$$T = 1500 \text{ грн/Гкал}$$

Вартість опалення

$$B = WT = 92,4 \cdot 1500/1 = 138\,600 \text{ грн}$$

Газові котли



Переваги:

- Прості
- Недорогі
- Точна підтримка теплового режиму
- Повністю автоматизовані
- Безпечні

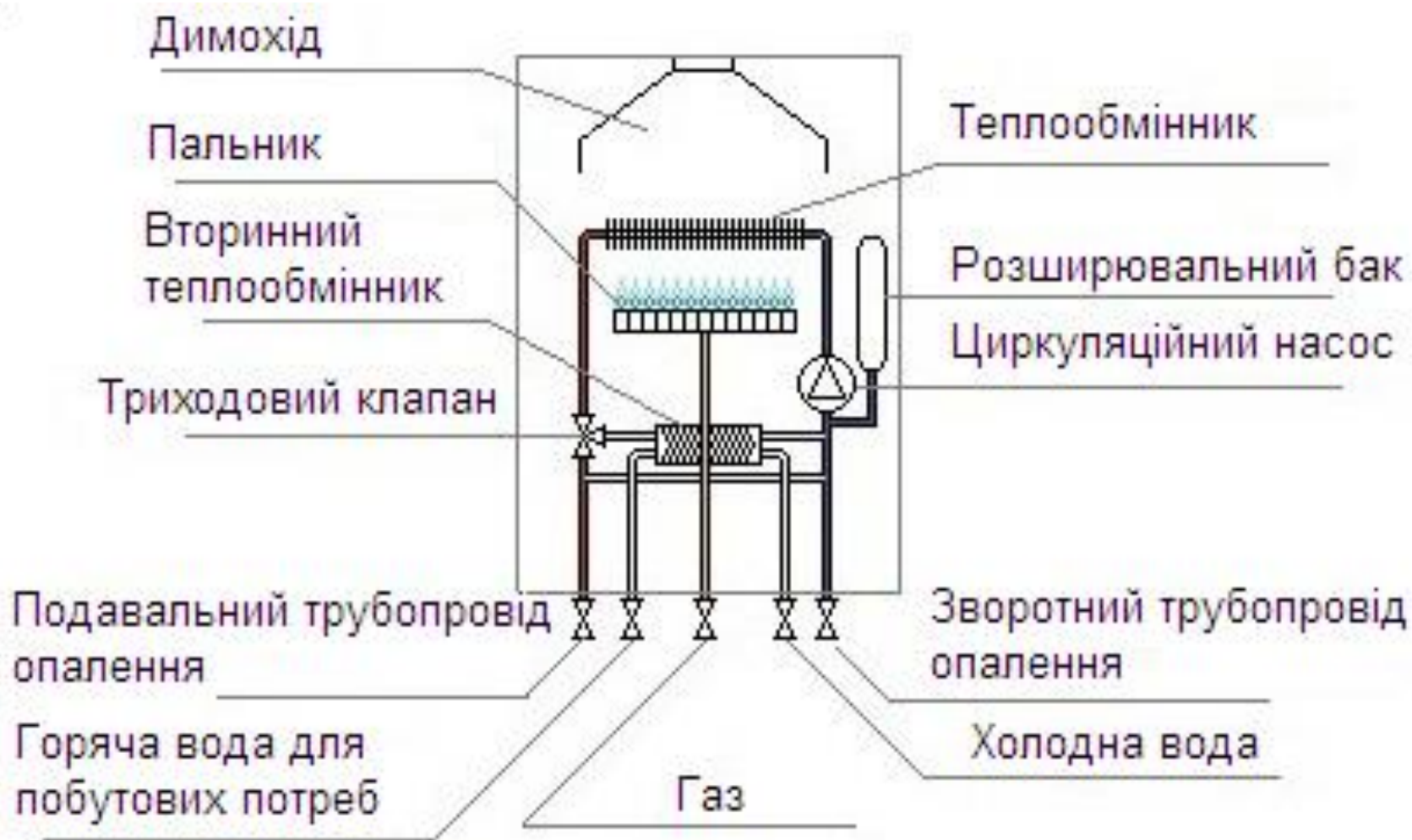
Недоліки:

- Потребують системи видалення продуктів згоряння
- Природний газ забруднює атмосферу

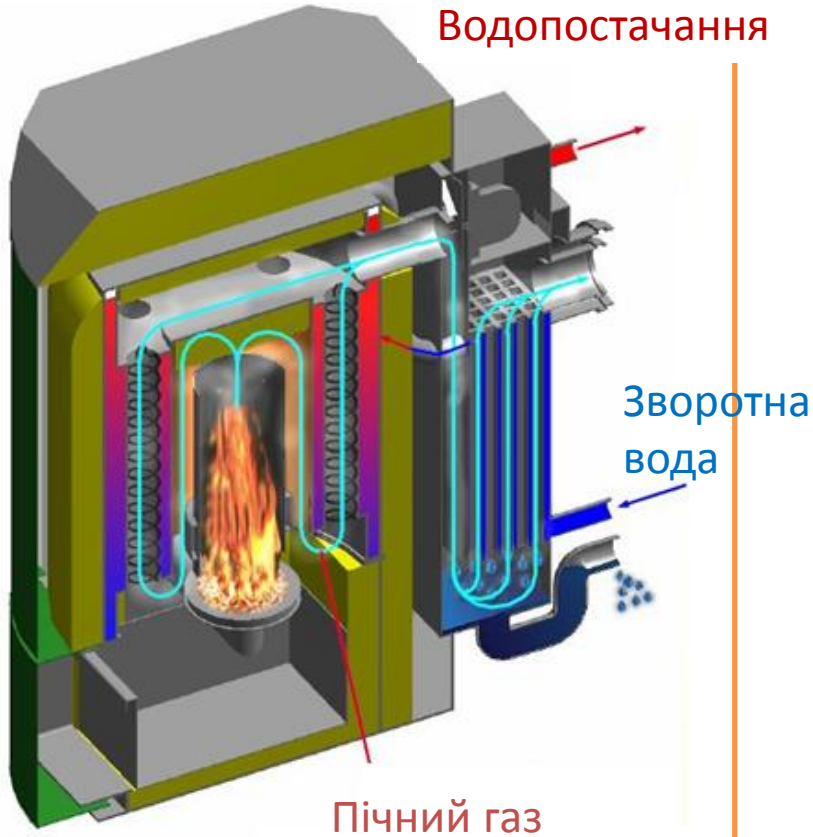
Настінний газовий котел



Будова двоконтурного газового котла

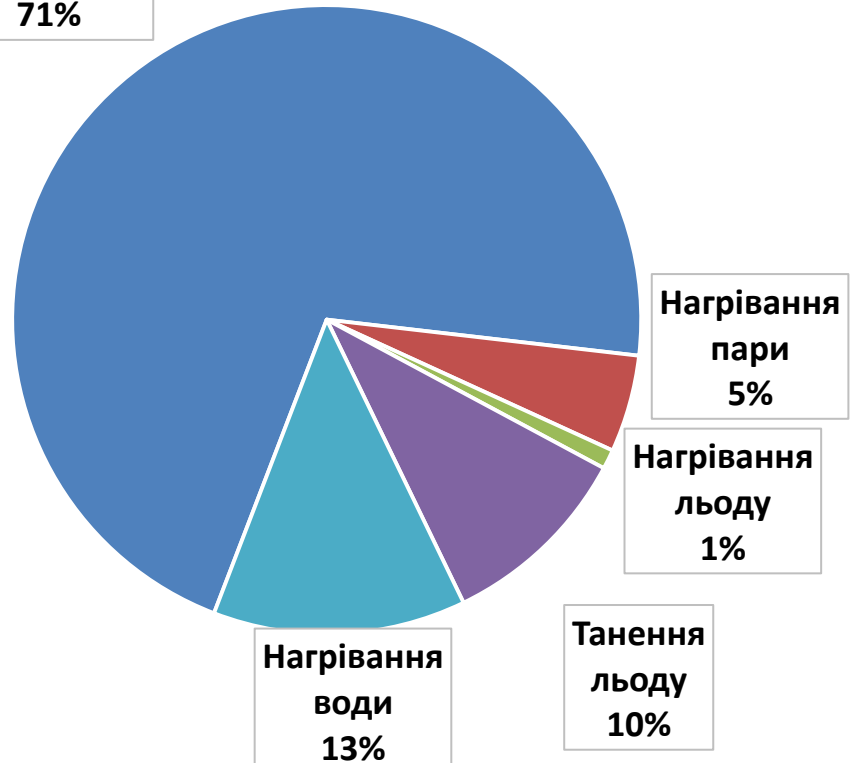


Конденсаційні газові котли

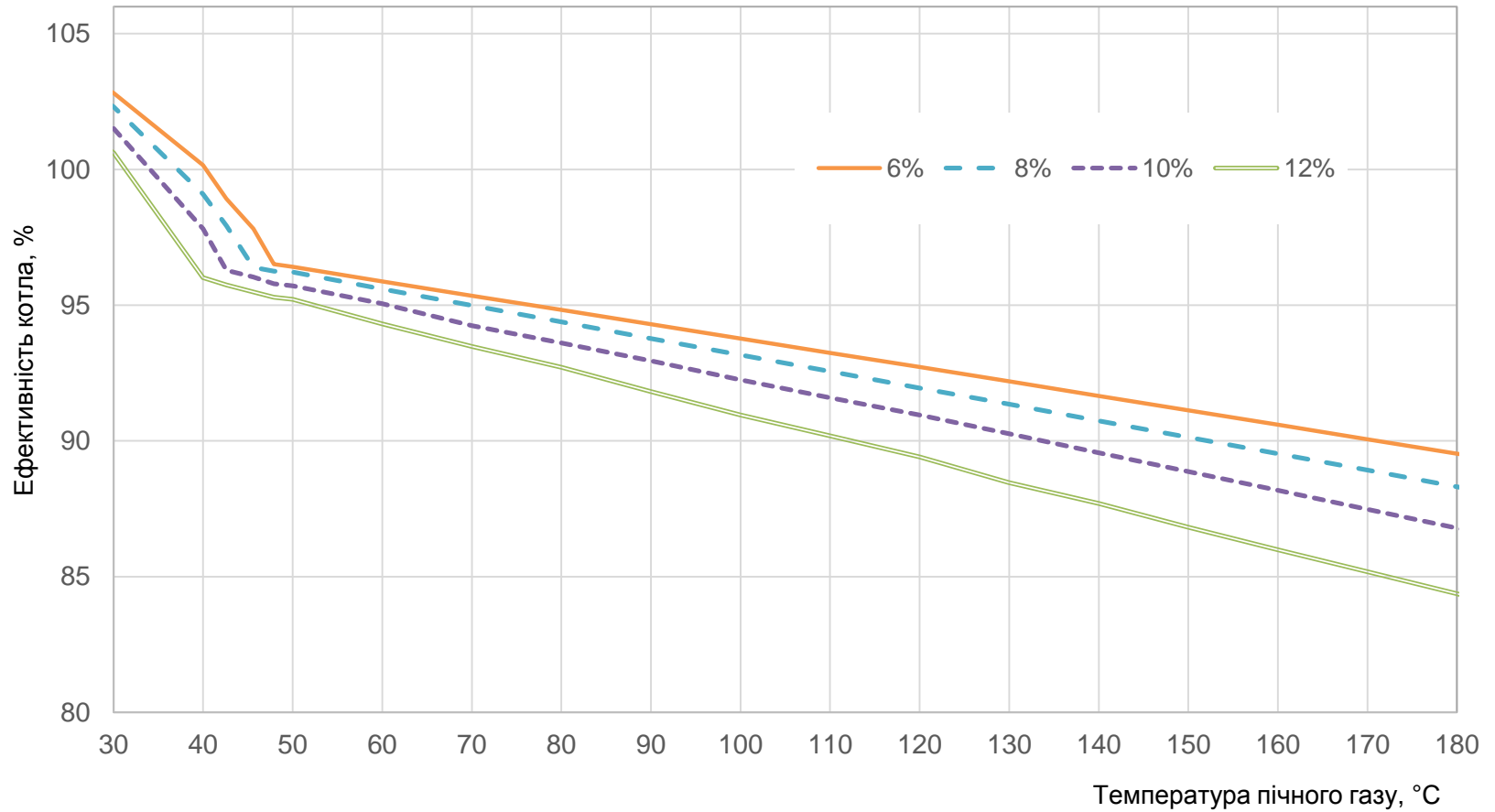


Енергія, витрачена на нагрівання води з
-10°C до +180°C

Випаровування
води
71%



Конденсаційні газові котли



Димоходи для конденсаційних котлів (повинні бути особливі)



Природний газ

Найнижча теплота згоряння природного газу
 $T_3 = 31,8 \text{ МДж/м}^3$ (ГОСТ 5542-87)

Кількість енергії на опалення
 $W = 107\,500 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ ($1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 3,6 \text{ МДж}$)
 $W = 107500 \cdot 3,6 = 387000 \text{ МДж}$

ККД газового котла
 $\eta \approx 93\%$

Кількість природного газу
 $K = W/(\eta T_3) = 387000/(0,93 \cdot 31,8) \approx 13000 \text{ м}^3$

Тариф на природний газ (з урахуванням транспортування)

$T = 7 \text{ грн/м}^3$

Вартість опалення

$V = WT = 13000 \cdot 7 = 91\,000 \text{ грн}$



Твердопаливні котли



Переваги:

- Можуть працювати на різних видах палива у тому числі і на альтернативних (пелети, євродрова, тощо)

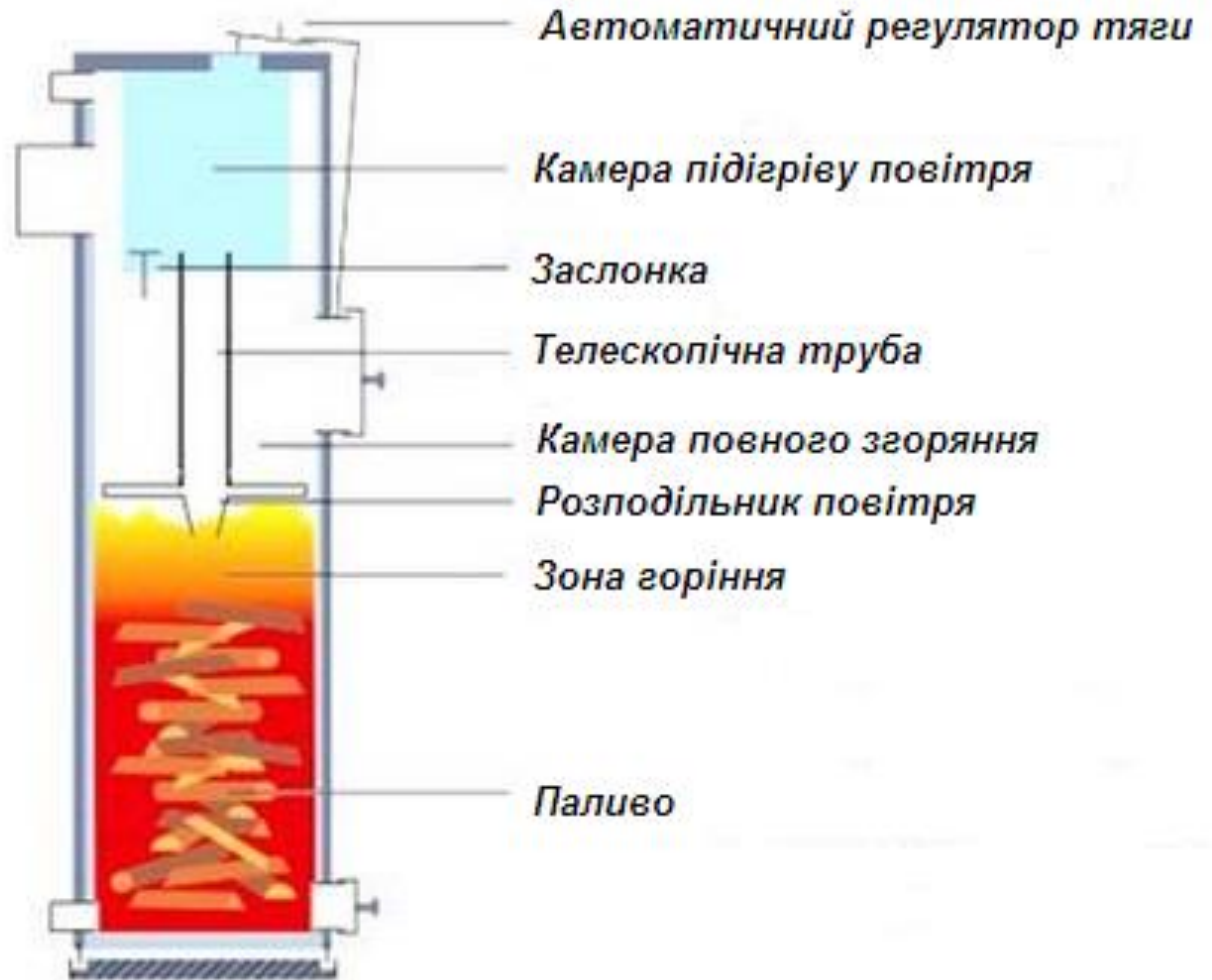
Недоліки:

- Складні в експлуатації
- Складні в автоматизації
- Потребують періодичного чищення
- Критичні до якості палива
- Небезпечні в експлуатації

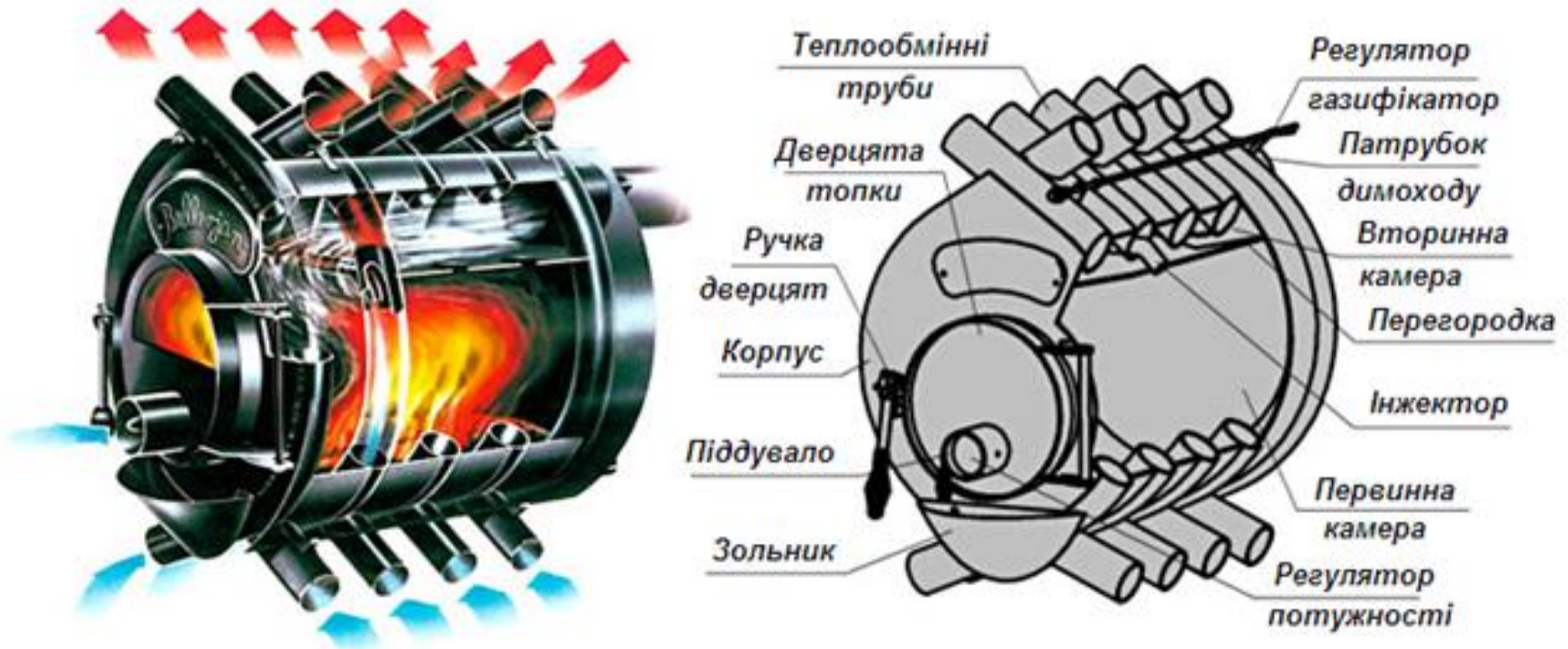
Класичний твердопаливний котел



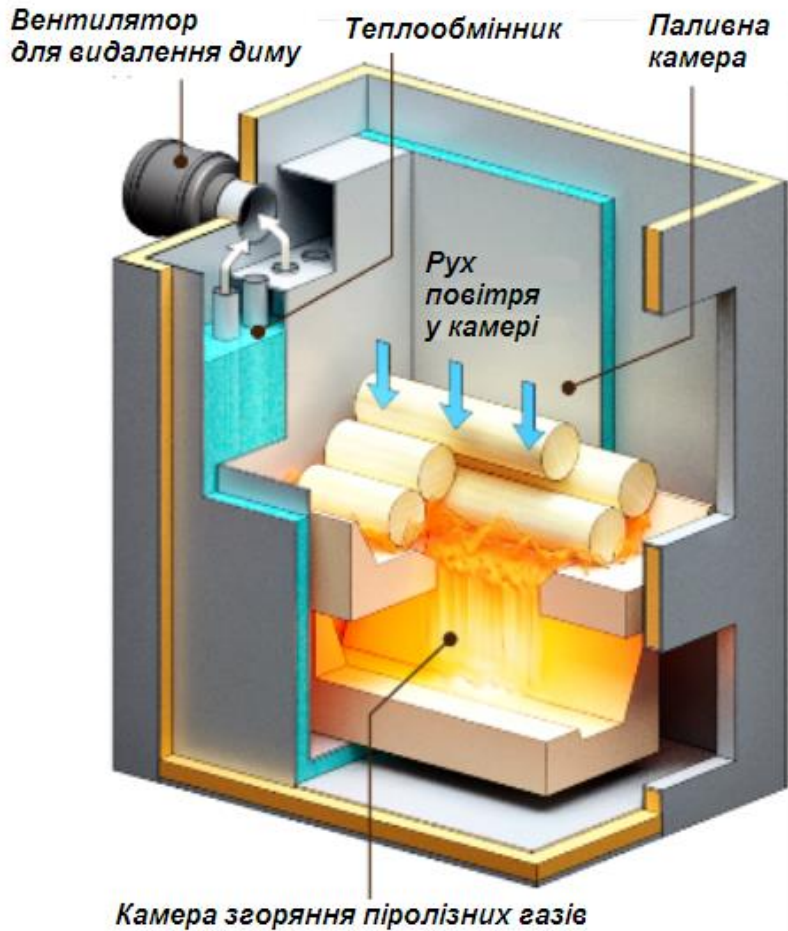
Котли тривалого горіння



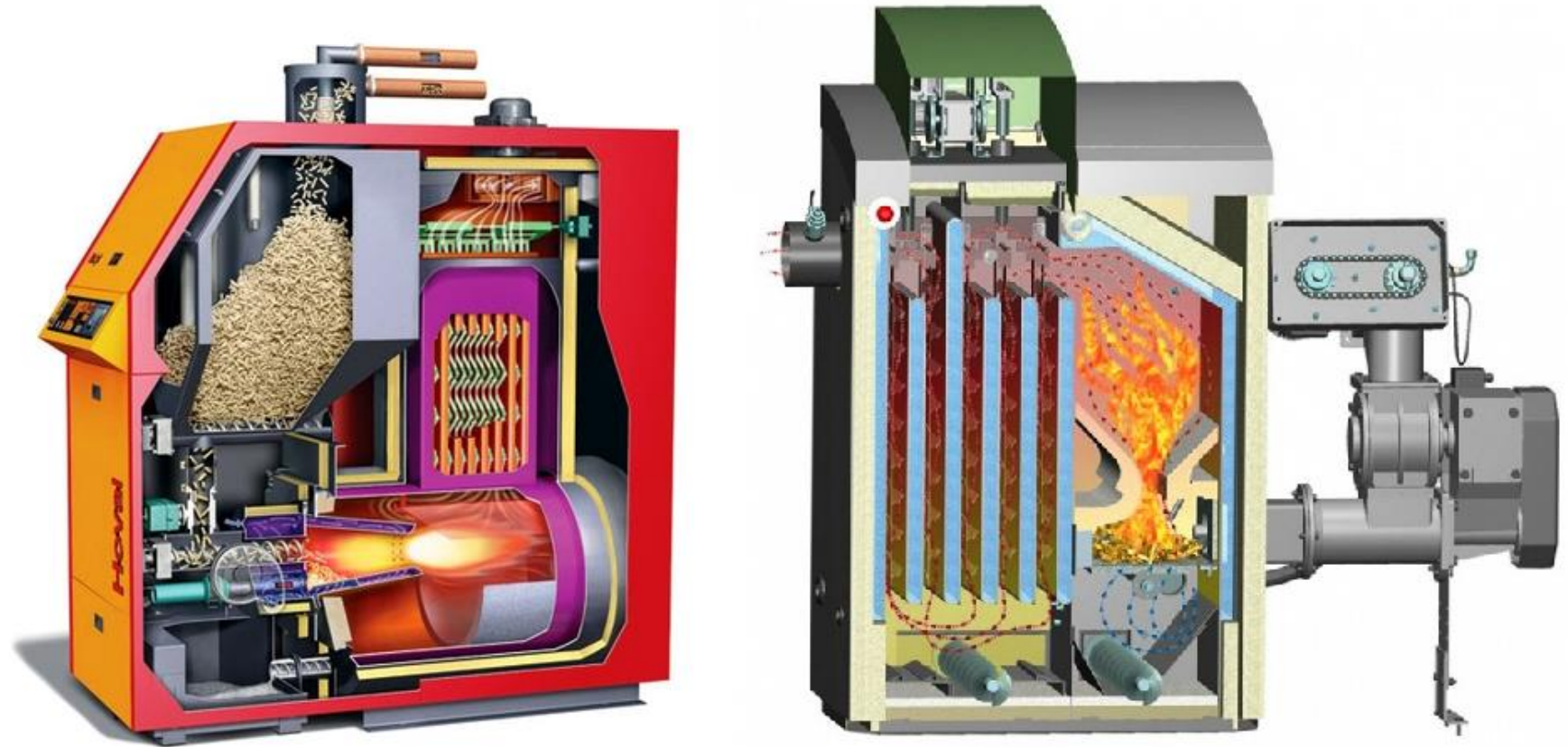
Твердопаливний котел тривалої дії системи Булерьян



Піролізні котли



Автоматизовані котли



Кам'яне вугілля

Найнижча теплота згорання
 $T_3 = 12...36$ МДж/кг

Кількість енергії на опалення
 $W = 107\,500$ кВт·год (1 кВт·год = 3,6 МДж)
 $W = 107500 \cdot 3,6 = 387000$ МДж

ККД твердопаливного котла
 $\eta \approx 80\%$

Кількість вугілля
 $K = W/(\eta T_3) = 387000/(0,8 \cdot 23) \approx 21$ т

Вартість вугілля (без урахування транспортування)
 $T = 3500$ грн/т

Вартість опалення

$V = WT = 21 \cdot 3500 = 73500$ грн + транспортування та зберігання



Дрова

Найнижча теплота згоряння
 $T_3 = 6670 \dots 13600 \text{ МДж/м}^3$

Кількість енергії на опалення
 $W = 107\,500 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ ($1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 3,6 \text{ МДж}$)
 $W = 107500 \cdot 3,6 = 387000 \text{ МДж}$

ККД твердопаливного котла
 $\eta \approx 80\%$

Кількість дров (сосна 8600 МДж/м^3)
 $K = W/(\eta T_3) = 387000/(0,8 \cdot 8600) \approx 57 \text{ м}^3$

Вартість дров (сосна 1 м)
 $T = 650 \text{ грн/м}^3$

Вартість опалення

$V = WT = 57 \cdot 650 = 37050 \text{ грн} + \text{транспортвання, зберігання, підготовка та заробітна плата кочегара}$



Пелети

Найнижча теплота згоряння
 $T_3 = 17,9...23,13$ МДж/кг

Кількість енергії на опалення
 $W = 107\,500$ кВт·год (1 кВт·год = 3,6 МДж)
 $W = 107500 \cdot 3,6 = 387000$ МДж

ККД твердопаливного котла
 $\eta \approx 80\%$

Кількість пелет (20 МДж/кг)
 $K = W/(\eta T_3) = 387000/(0,8 \cdot 20) \approx 24$ т

Вартість дров
 $T = 3500$ грн/т

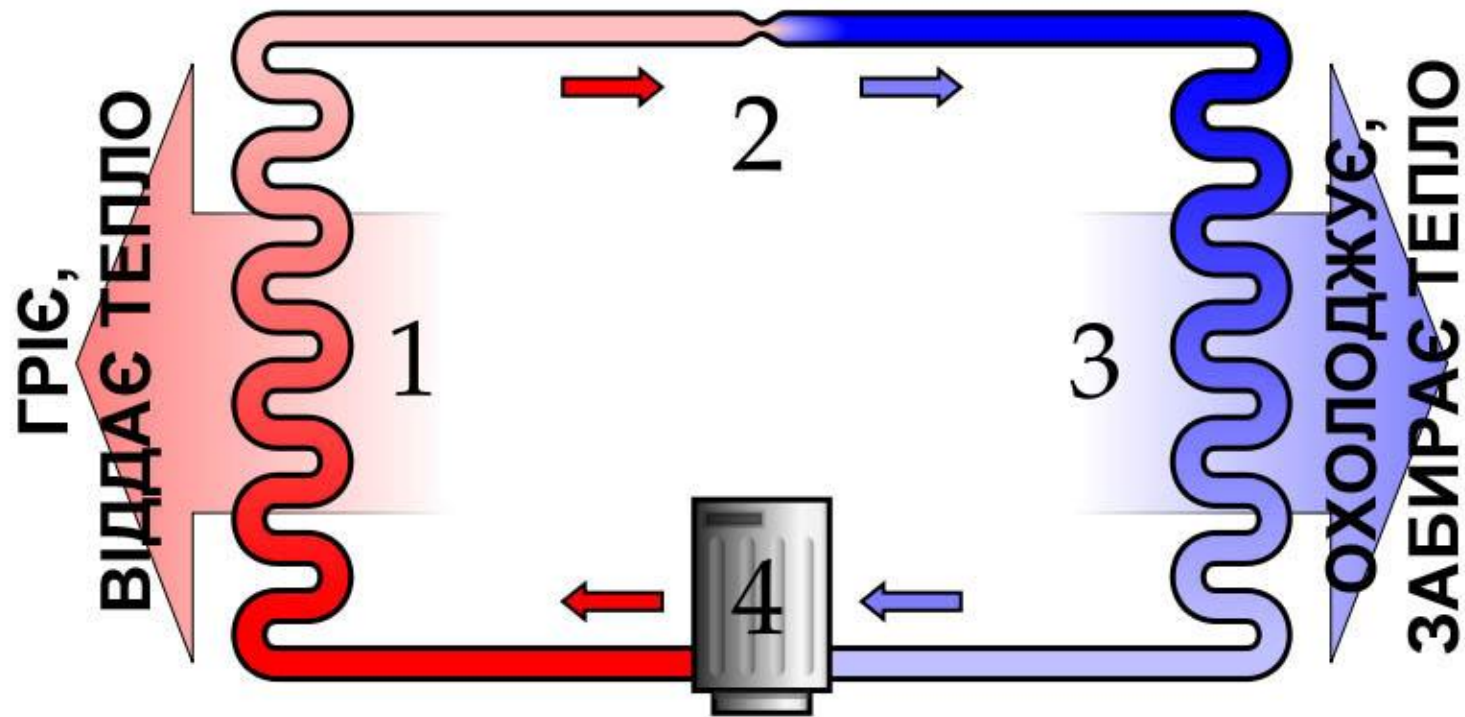
Вартість опалення
 $V = WT = 24 \cdot 3500 = 84000$ грн + транспортування та зберігання



Теплові насоси

- **Тепловий насос** – пристрій для переміщення теплової енергії від низькопотенційного джерела теплової енергії (з низькою температурою) до споживача з більш високою температурою
- Концепція теплових насосів розроблена у 1852 році Вільямом Томсоном (лордом Кельвіном) Перший тепловий насос був побудований у 1855 році
- Перше практичне застосування теплового насоса відбулося у 40-х роках ХХ сторіччя
- Реальна потреба у теплових насосах виникла у 1970-х роках

Принцип дії теплового насоса



1. Гарячий теплообмінник
2. Розширювач
3. Холодний теплообмінник
4. Компресор

Переваги теплового насоса

- **Економічність** – тепловий насос використовує електричну енергію значно ефективніше будь-яких котлів, які спалюють паливо. **Сучасні теплові насоси на 1 кВт витраченої електричної енергії спроможні виробити до 5 кВт тепла**
- **Широкий спектр застосування** – у довколишньому середовищі існує безліч джерел розсіяного тепла які містять в собі теплову енергію, отриману від сонця

Переваги теплового насоса

- **Екологічність** – тепловий насос не спалює паливо, та не виробляє шкідливих окислів
- **Універсальність** – теплові насоси, можуть працювати як на опалення, так і на охолодження
- **Безпека** – теплові насоси вибухово- і пожежобезпечні. У процесі опалення відсутні небезпечні гази, відкритий вогонь або шкідливі суміші. Деталі не нагріваються до високих температур

Відомі теплові насоси



Холодильник



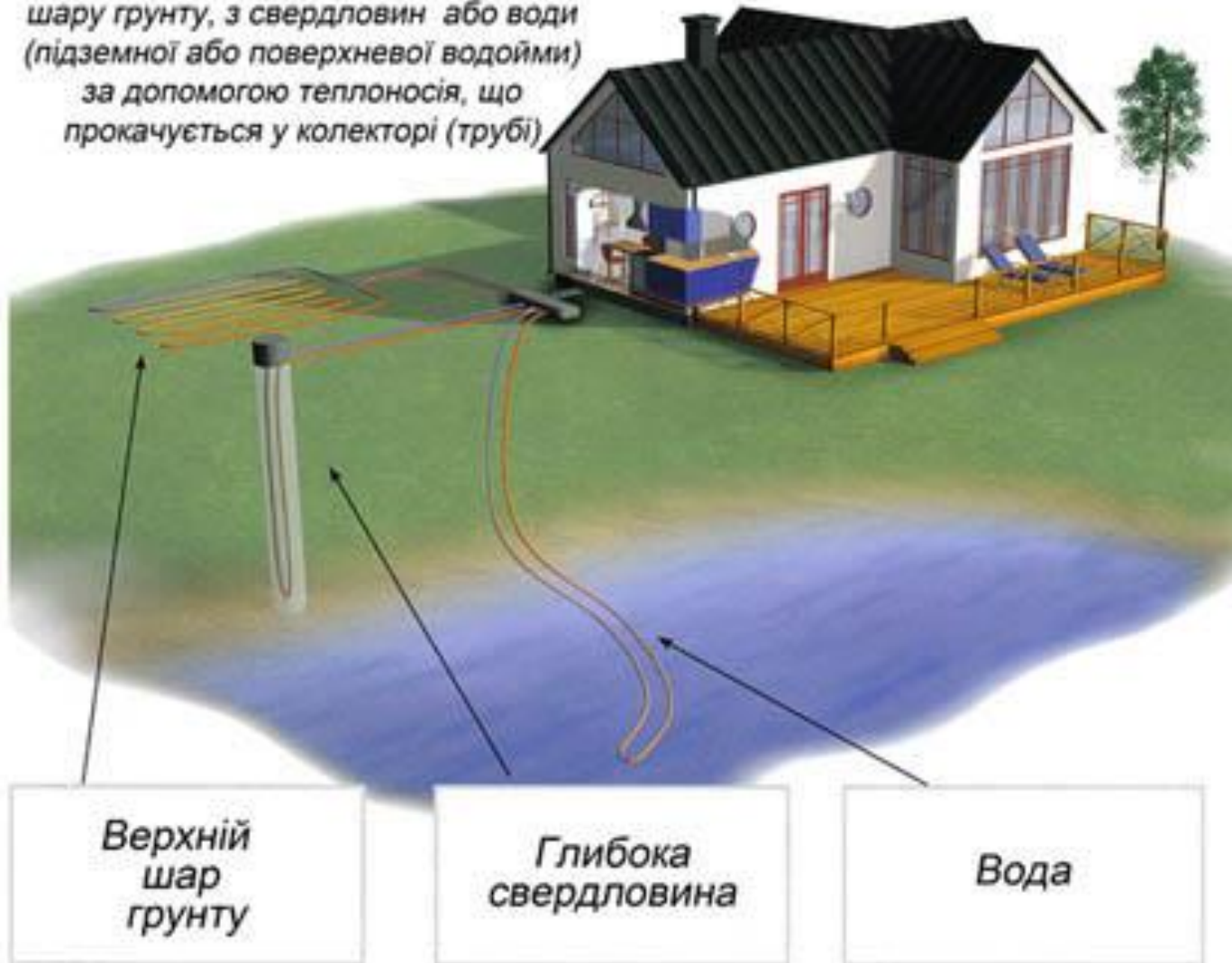
Кондиціонер

Види теплових насосів для систем опалення

- **Геотермальні** – використовують тепло землі, наземної або підземної води
- **Повітряні** – використовують тепло навколишнього повітря
- **Вторинні** – використовують теплові відходи виробництва (використовуються на виробництві)

Геотермальний насос

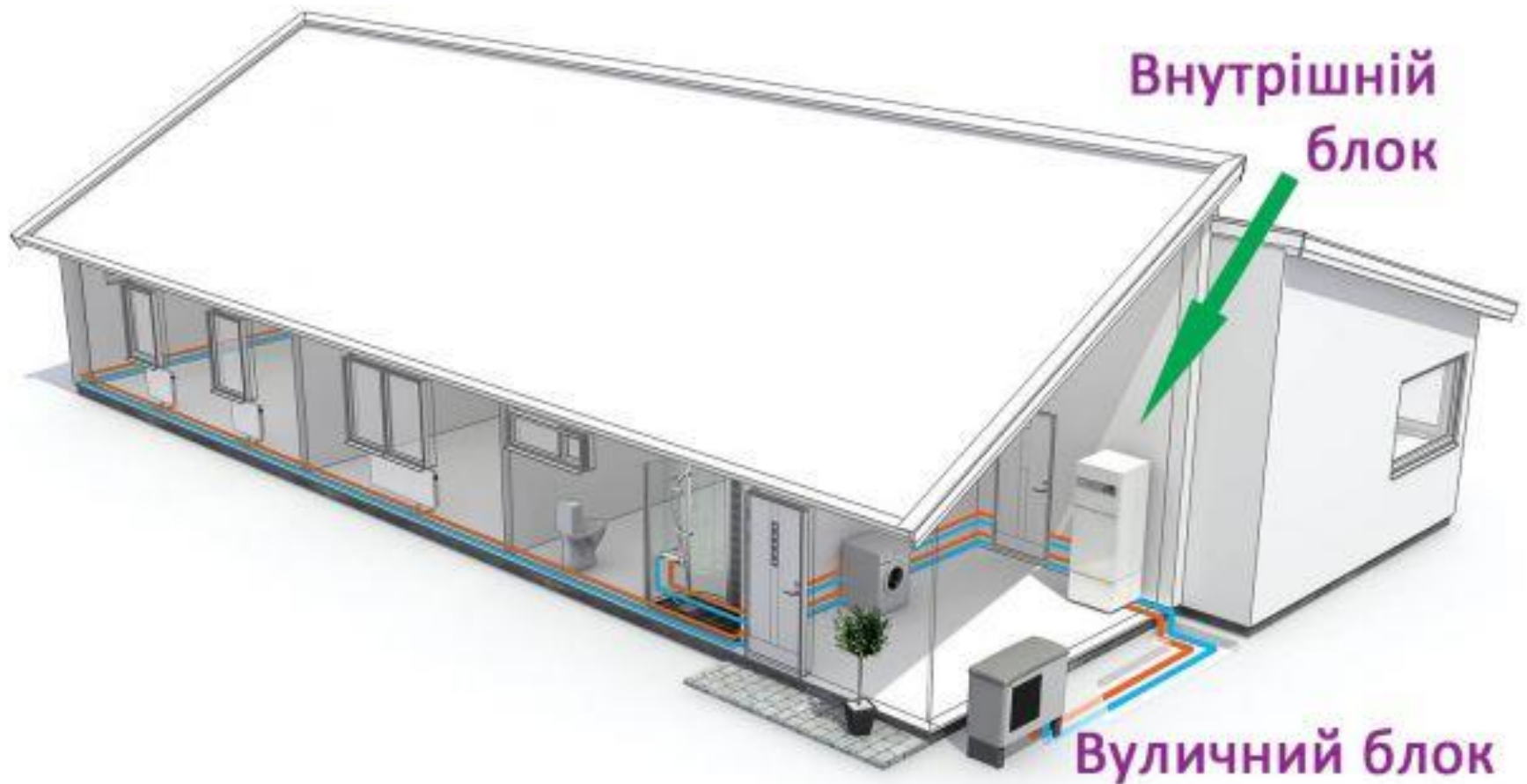
Енергія збирається з верхнього шару ґрунту, з свердловин або води (підземної або поверхневої водойми) за допомогою теплоносія, що прокачується у колекторі (трубі)



Теплообмінник геотермального насоса,
розподілений по поверхні озера перед
зануренням на дно



Повітряний тепловий насос



Повітряний тепловий насос

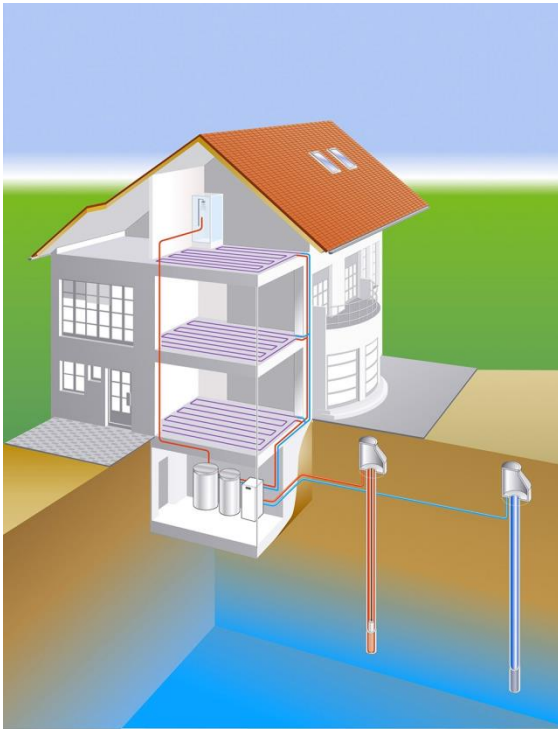


Повітряний тепловий насос



Теплові насоси

Кількість енергії на опалення
 $W = 107\,500$ кВт·год



Коефіцієнт перетворення (Coefficient of Performance, COP)

$COP \approx 3$

Кількість електричної енергії

$K = W/COP = 107500/3 \approx 36000$ кВт·год

Тариф на електроенергію

$T = 1,68$ грн/кВт·год

Вартість опалення

$V = WT = 36000 \cdot 1,68 = 60400$ грн

Порівняння витрат на опалення

Енергоресурс	Кількість	Вартість, грн	Додаткові витрати
Електрична енергія	107500 кВт·год	180600	
Теплова енергія	92,4 Гкал	138600	
Природний газ	13000 м ³	91000	
Пелети	24 т	84000	Транспортування, зберігання
Кам'яне вугілля	21 т	73500	Транспортування, зберігання, заробітна плата кочегара
Теплові насоси	36000 кВт·год	60400	
Дрова	57 м ³	37050	Транспортування, зберігання, підготовка, заробітна плата кочегара

Висновки

- Теплопостачальникам слід звернути увагу на рівень втрат у мережах (вони закладені у тариф)
- Реальні ціни та тарифи можуть суттєво відрізнятися від наведеного прикладу
- Є ще й інші види палива (торф, мазут, гас)
- **Вже пора звертати увагу на альтернативні джерела тепла (сонячна енергетика, утилізація теплових відходів)**
- **Вже пора зменшити втрати тепла (утеплити будинок, замінити вікна та двері, поставити рекуператори)**

Дякую за увагу!

О.П. Русу

2020 р.