

«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ
ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ
В СХЕМІ КОТЕЛЬНІ»

Виконав ст. гр. ТЕ-16м

Михайлюк І. С.

Науковий керівник: к. т. н., доц. Остапенко О. П.

- **Об'єкт дослідження** – ефективність системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосною установкою (КТНУ) з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.
- **Предметом дослідження** є процеси в елементах СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, що забезпечують підвищення ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.

■ **Актуальність роботи.** Для України, в умовах дефіциту власних традиційних енергоресурсів та високої вартості імпортованих енергоресурсів, питання підвищення ефективності енерговикористання в системах теплопостачання та енергозабезпечення є надзвичайно актуальним. За останні роки питанням із дослідження ефективності систем енергозабезпечення (СЕ) із застосуванням когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ) присвячено низку публікацій вітчизняних та закордонних авторів в яких підтверджена висока енергетична та економічна ефективність СЕ з КТНУ.

■ **Метою МКР** є підвищення ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосною установкою з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, визначення енергоефективних режимів експлуатації СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.

■ Завдання МКР:

- дослідження енергетичної ефективності СЕ з КТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів з урахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях;
- дослідження та оцінка комплексного впливу режимів роботи та рівнів енергоефективності елементів СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, на показники ефективності СЕ;
- проведення комплексних оптимізаційних досліджень з метою визначення енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ на вторинних енергоресурсах в тепловій схемі котельні для теплопостачання;
- розроблення методичних рекомендацій із застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти вторинних енергоресурсів.

Науково-практична новизна:

- Вперше апробовано метод комплексного оцінювання СЕ з КТНУ з метою визначення області енергоефективної, екологічно безпечної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні за комплексним показником ефективності з врахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях;
- Дістали подальший розвиток методи прогнозування умов ефективної інтеграції СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в промисловість та енергетику в частині визначення оптимальних умов застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, з врахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях.

Показники енергетичної ефективності КТНУ

■ Коефіцієнт перетворення КТНУ

$$\varphi^{\text{КТНУ}} = (\varphi_{\text{T}} + K_{\text{ГПД}}^{\text{T}}) \cdot \eta_{\text{ТН}}$$

■ Безрозмірний критерій енергетичної ефективності КТНУ

$$K_{\text{КТНУ}} = Q_{\text{КТНУ}} / Q_{\text{T}} = \eta_{\text{ЕД}} \cdot \eta_{\text{ЕП}} \cdot \varphi^{\text{КТНУ}} \cdot \eta_{\text{ТН}}$$

$$K_{CE} = (1 - \beta) \cdot K_{ПДТ} + \beta \cdot K_{КТНУ}$$

Показники енергетичної ефективності СЕ з КТНУ

- частка навантаження

КТНУ у складі СЕ

$$\beta = Q_{КТНУ} / Q_{СЕ}$$

- безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ

$$K_{СЕ} = (1 - \beta) \cdot K_{ПДТ} + \beta \cdot K_{КТНУ}$$

Комплексний узагальнений безрозмірний критерій енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ

$$K_{CE}^{КОМПЛ} = K_{CE} + \Delta E_i^{CE} + \Delta EK_i^{CE} = (1 - \beta) \cdot K_{ПДТ} + \beta \cdot K_{КТНУ} + \Delta E_i^{CE} + \Delta EK_i^{CE}$$

- де $\Delta E_i^{CE} = \frac{(E_{ДТ})_i - (E_{СЕ})_i}{(E_{ДТ})_i}$ - відносна економічна ефективність (у частках) для СЕ з КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи СЕ;
- $(E_{ДТ})_i$ – експлуатаційні витрати заміщованого джерела теплової енергії (ДТ) для i -го режиму роботи,
- $(E_{СЕ})_i$ – експлуатаційні витрати СЕ з КТНУ та ПДТ для i -го режиму роботи;

$$\Delta EK_i^{CE} = \frac{(EK_{DT})_i - (EK_{CE})_i}{(EK_{DT})_i}$$

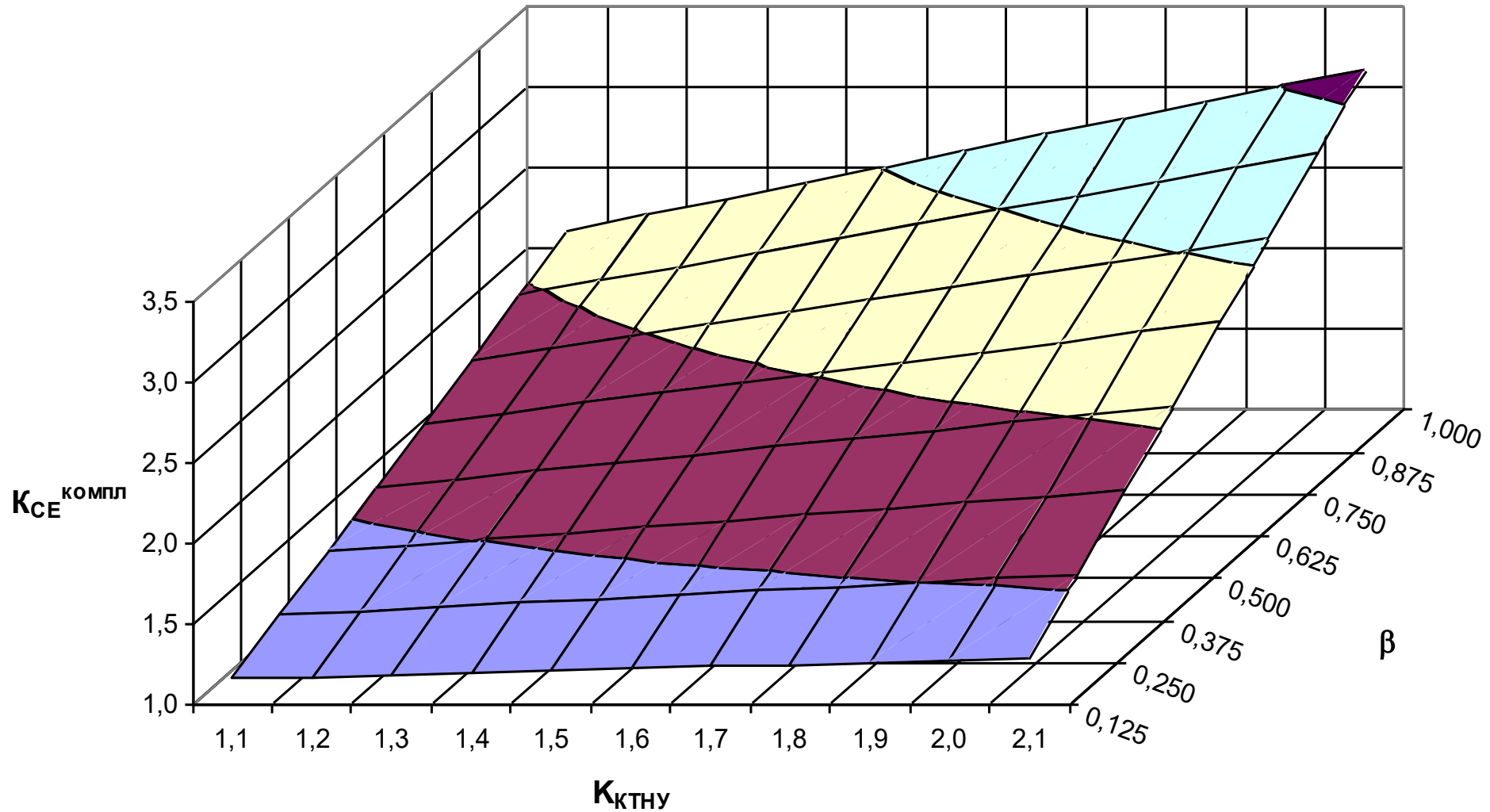
– відносна екологічна

ефективність (у частках) для СЕ на основі КТНУ та ПДТ для і-го режиму роботи СЕ;

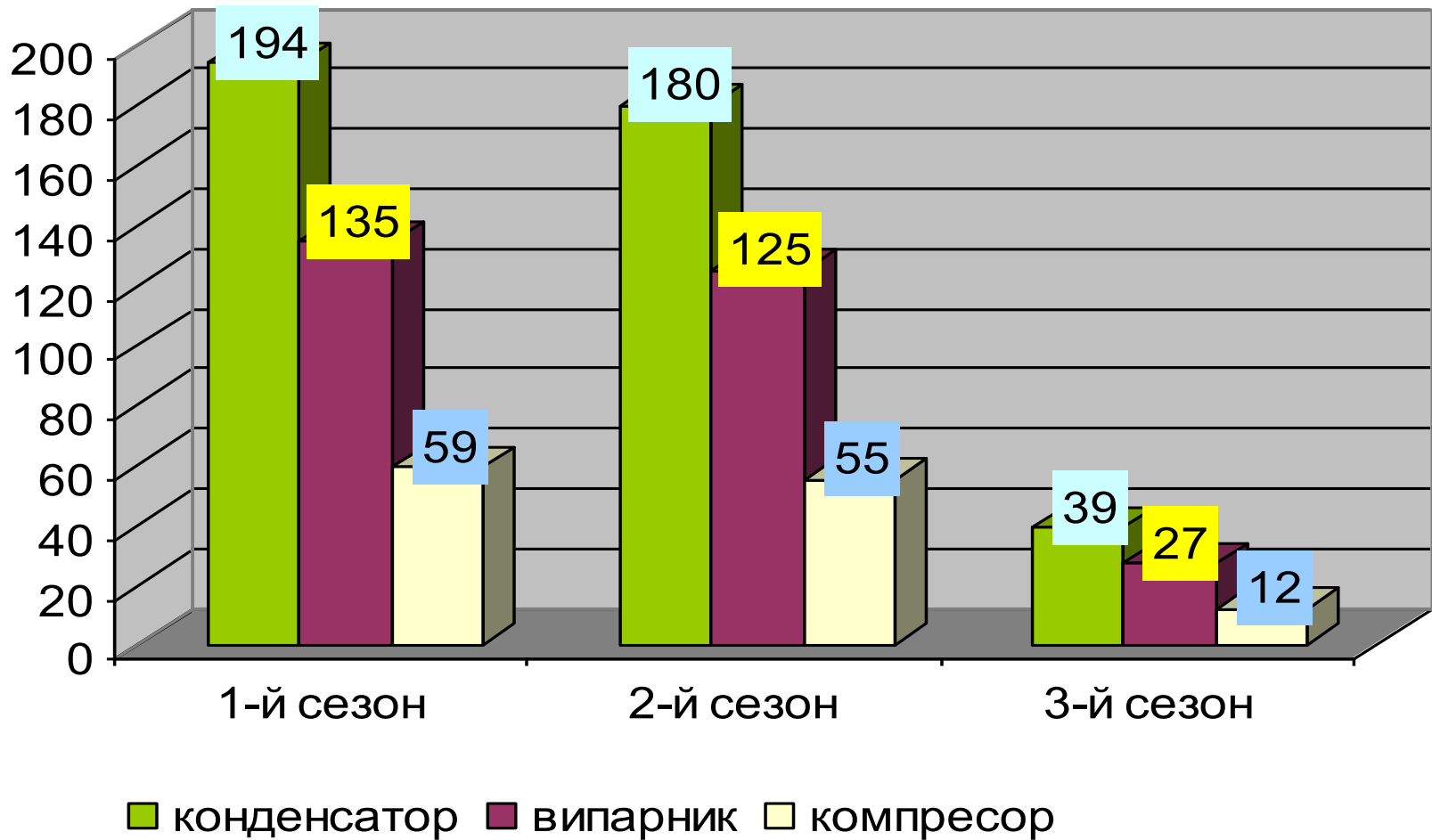
■ β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ;

■ $K_{ПДТ}^{ПК} = Q_{ПК} / Q_{П} = \eta_{ПК}$ – безрозмірний критерій енергоефективності ПДТ у складі СЕ.

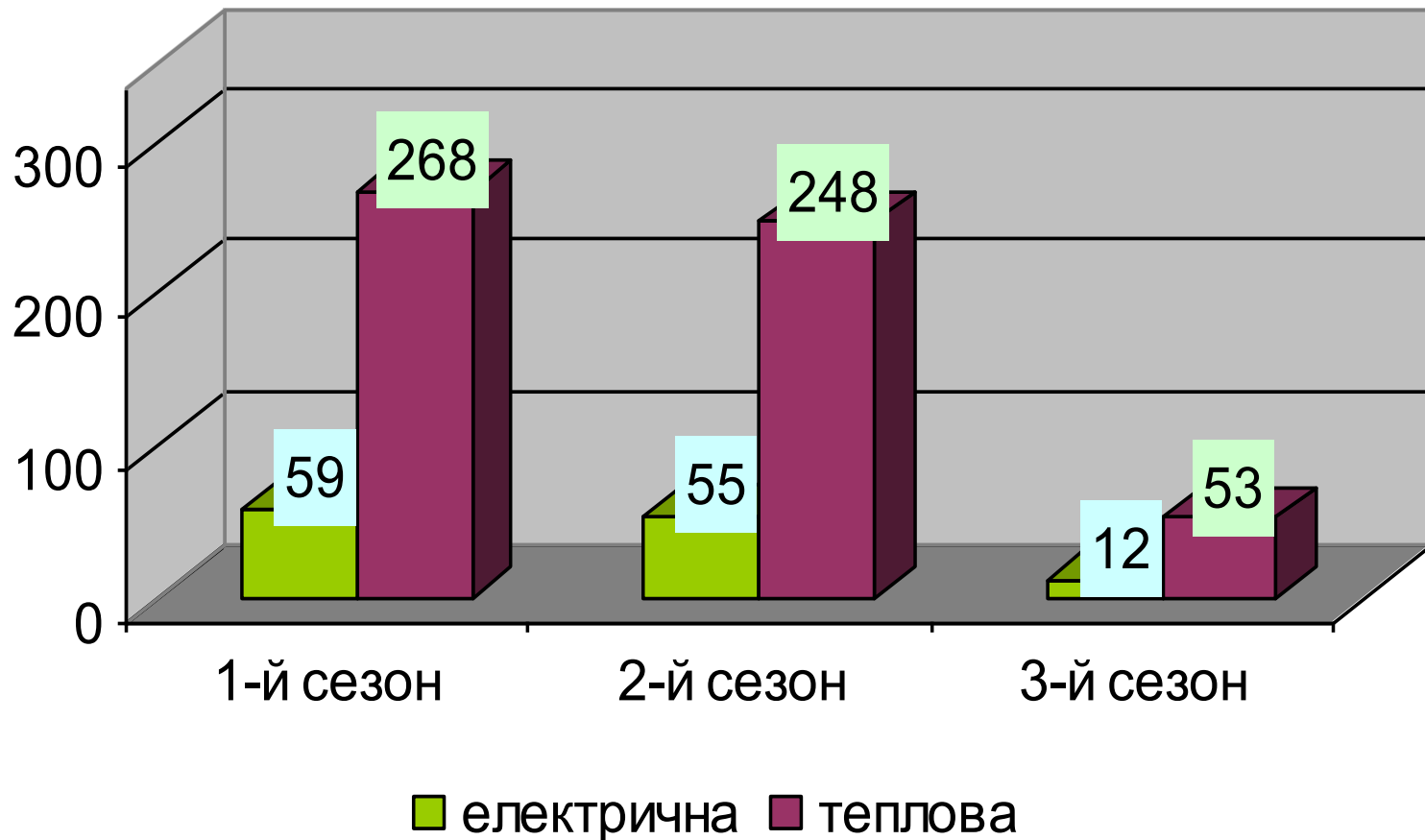
**ОБЛАСТЬ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОЙ ТА ЭКОЛОГИЧНО БЕЗПЕЧНОЙ РАБОТЫ СЕ
З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, З КТНУ ПОТУЖНІСТЮ ДО
1 МВТ ТА ПІКОВИМ ПАЛИВНИМ КОТЛОМ, ЗА УМОВ МАКСИМАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЕЛЕМЕНТІВ СЕ**



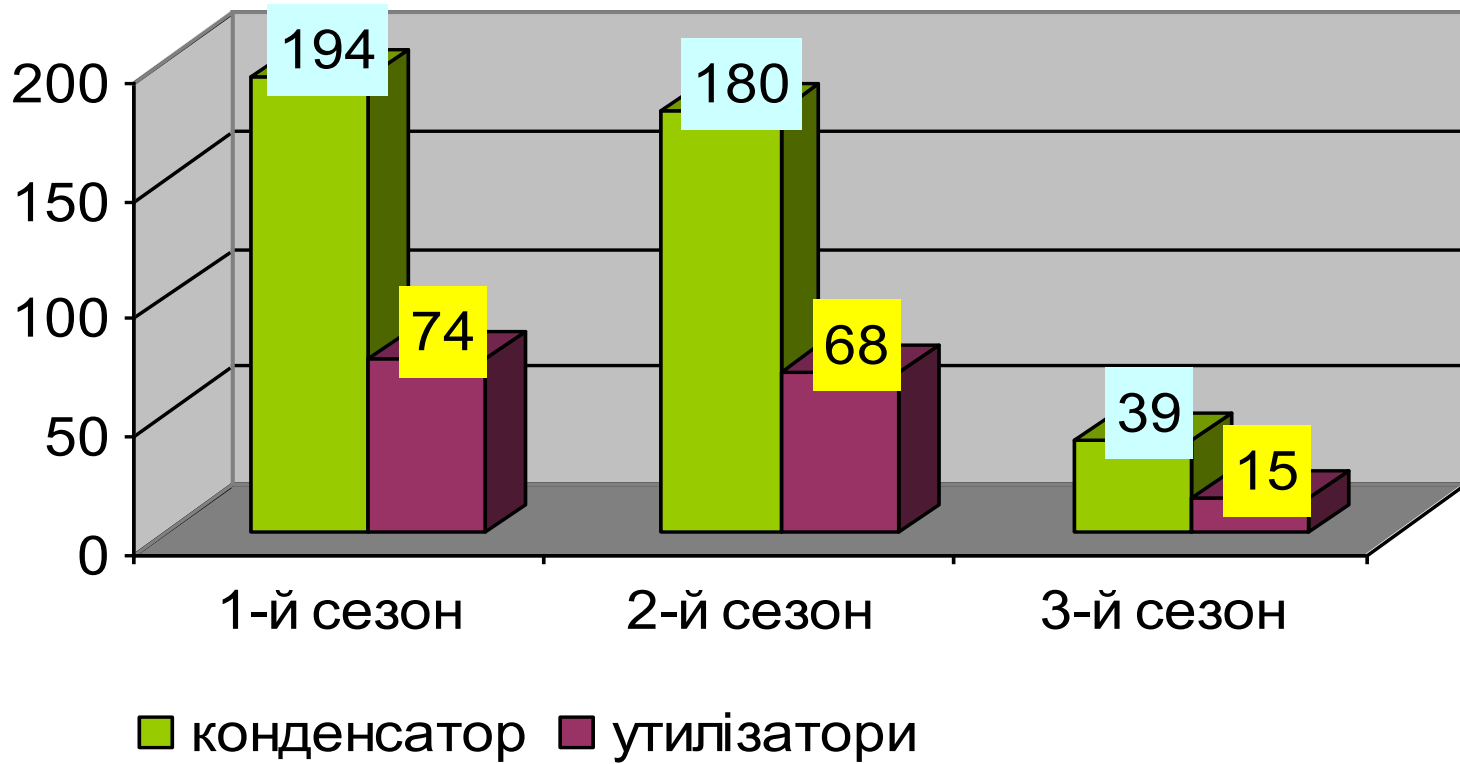
Значення потужностей конденсатора, випарника та компресора КТНУ для режимів роботи теплової схеми, кВт



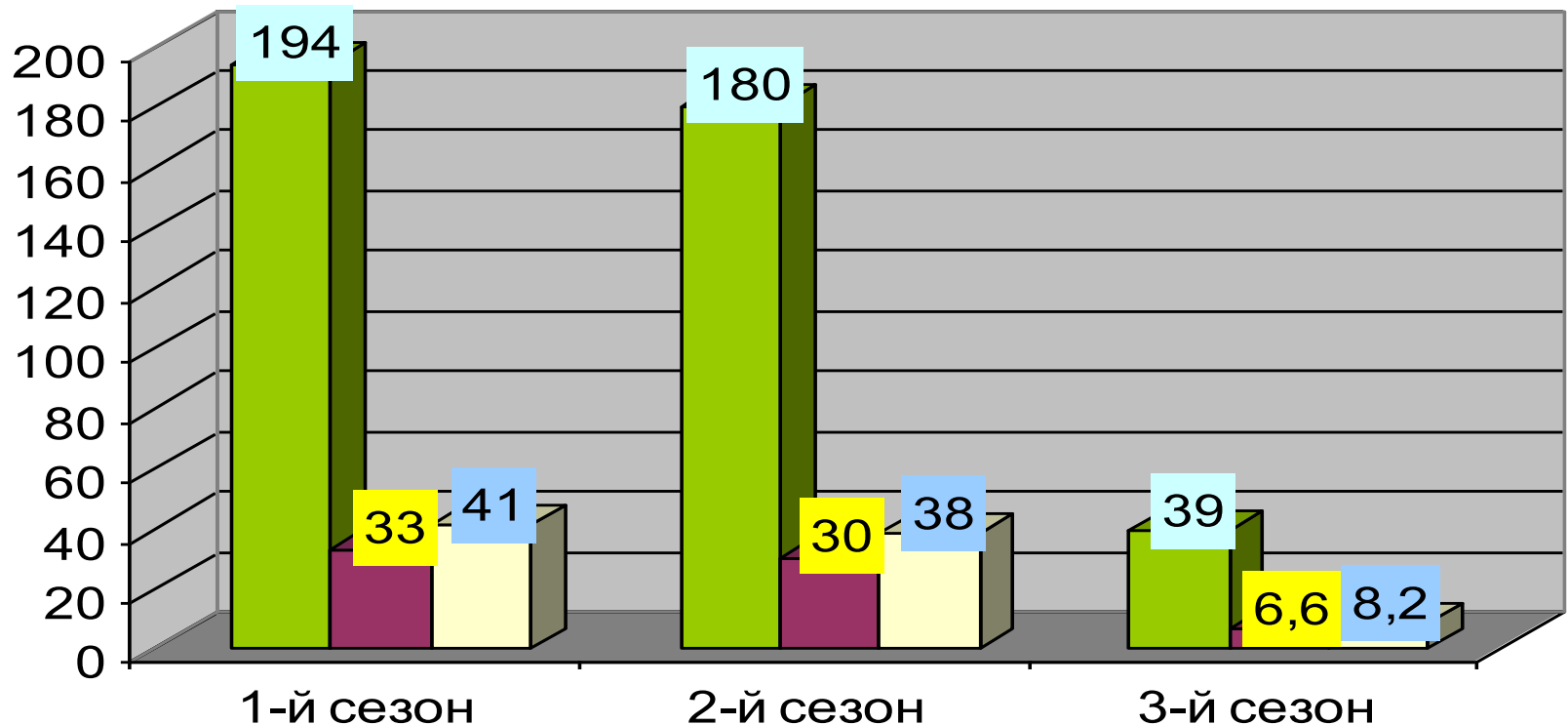
Значення теплової та електричної потужностей КТНУ для трьох сезонів роботи теплової схеми, кВт



Значення теплових потужностей конденсатора та утилізаторів КТНУ для режимів роботи теплової схеми, кВт

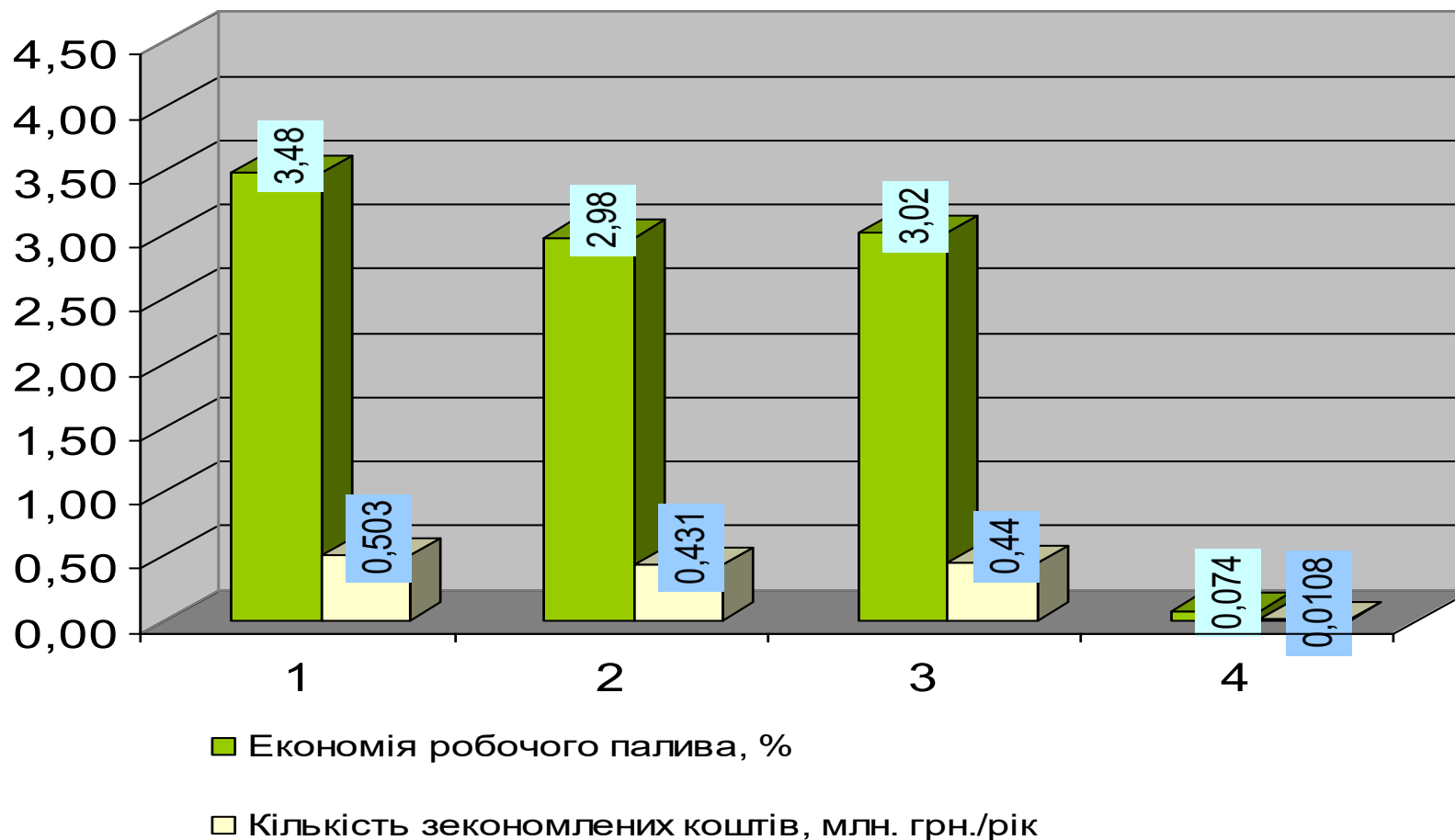


Значення теплових потужностей конденсатора ТНУ, системи охолодження та утилізаторів КТНУ для трьох режимів роботи теплової схеми, кВт



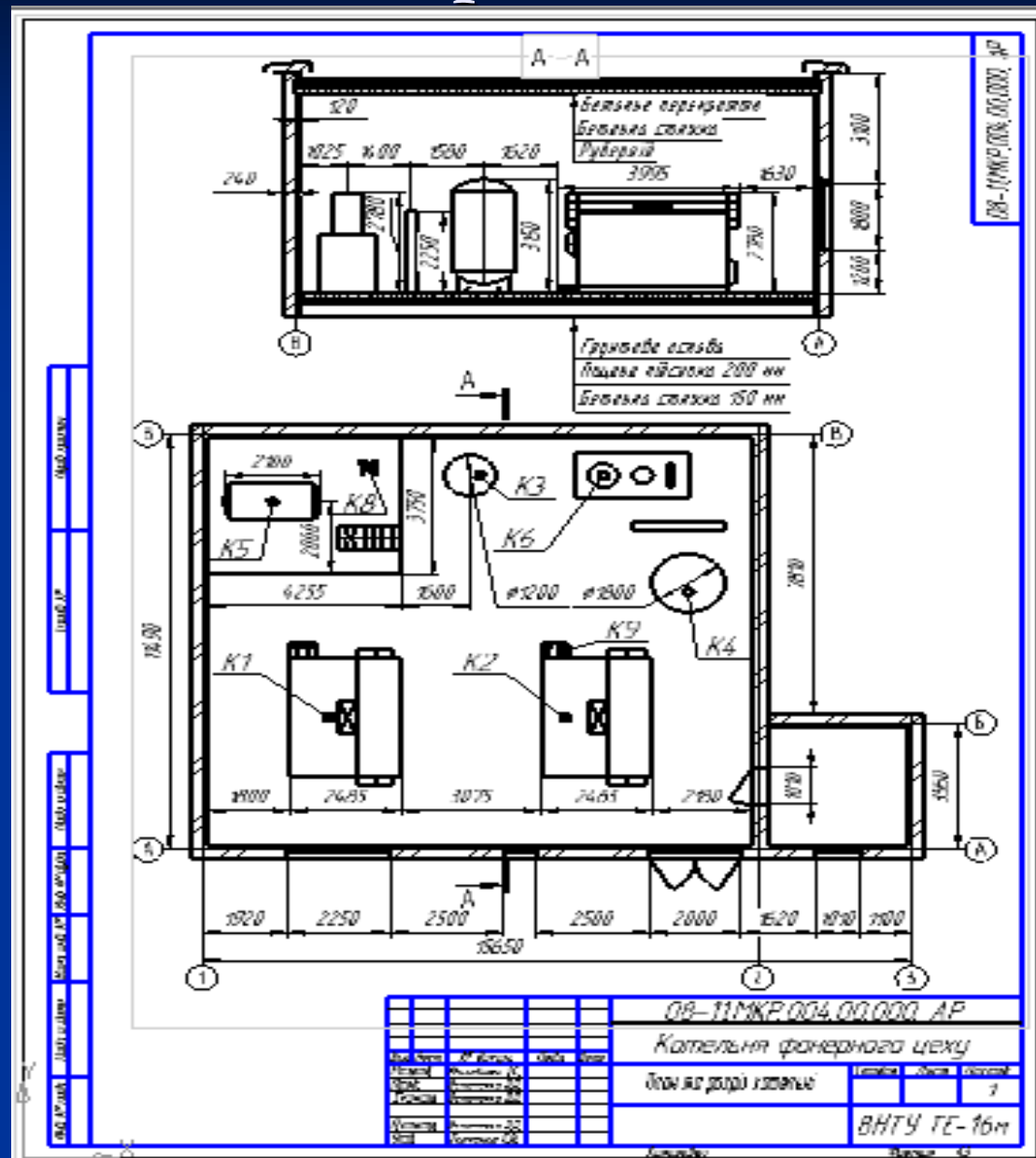
■ конденс. ■ система охолодж. ■ утил. тепл. відх. газів

Основні показники теплових схем з СЕ з КТНУ

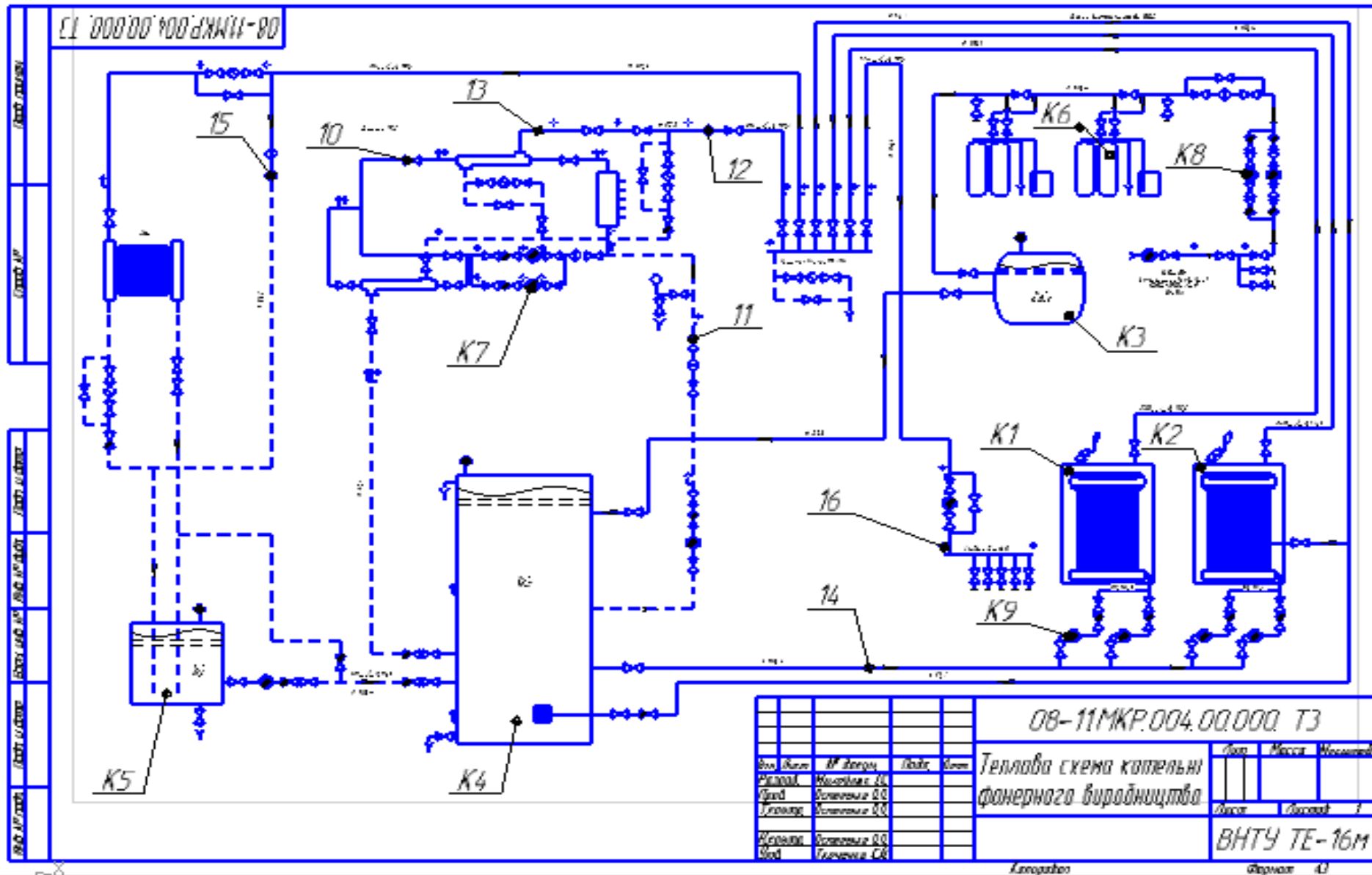


1 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в трьох режимах; 2 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в першому та другому режимах; 3 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в другому та третьому режимах; 4 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в першому та третьому режимах.

План парової котельні



Теплова схема парової котельні

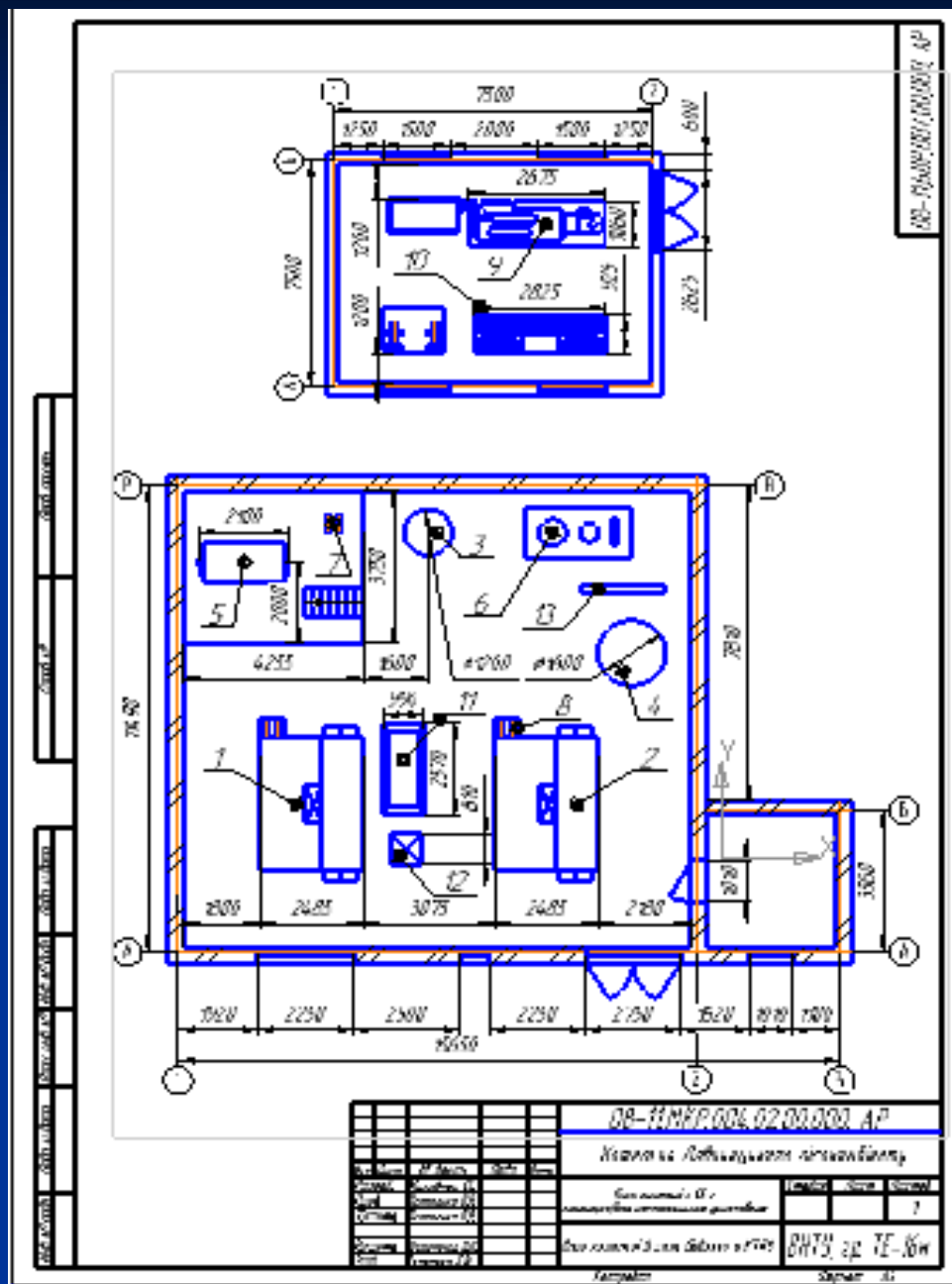


Ефективність варіантів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні

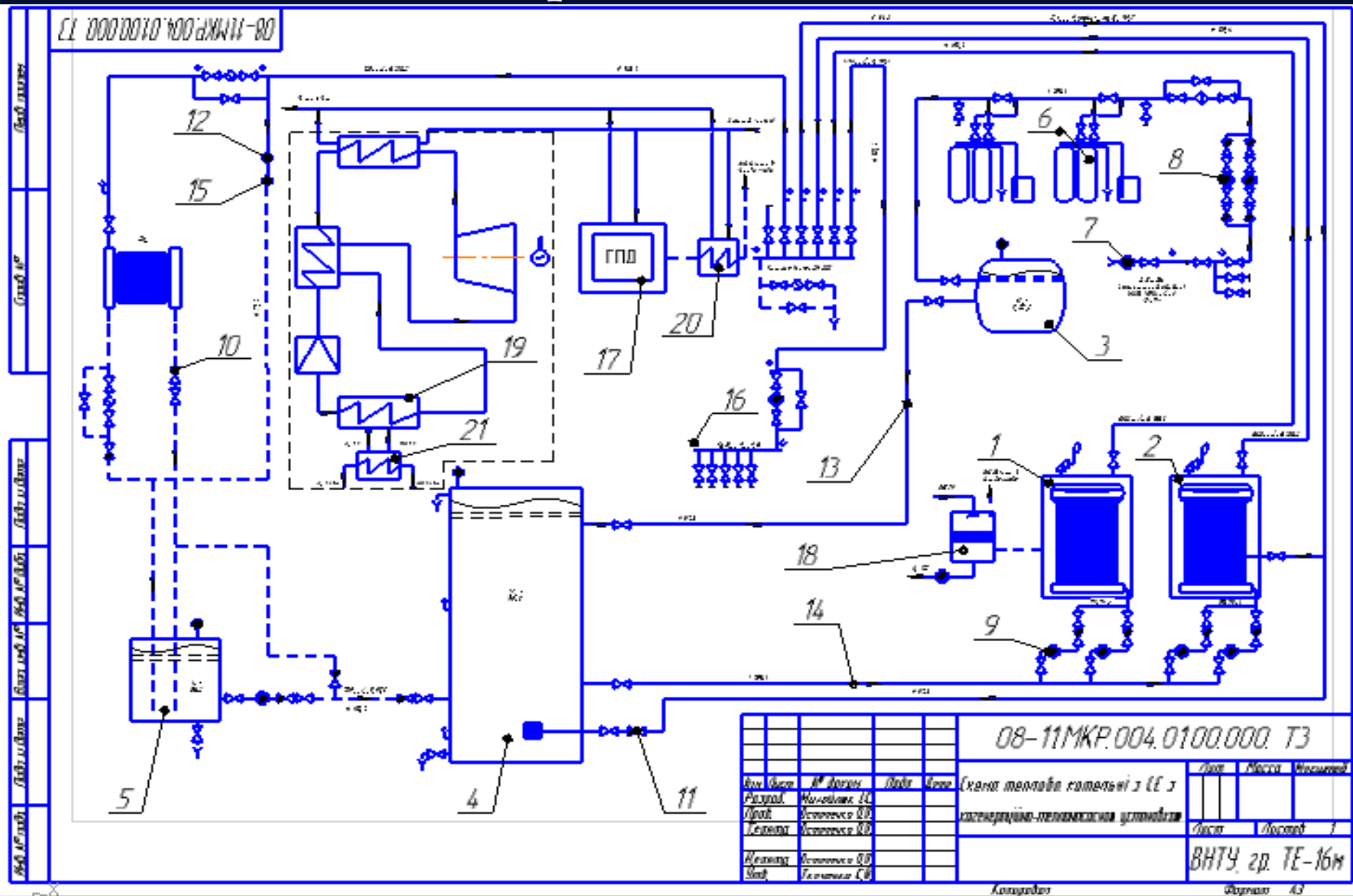
Показник	Одиниця вимірювання	Варіант			
		1	2	3	4
Економія робочого палива	%	3,48	2,98	3,02	0,074
Економія робочого палива	тис.м ³ /рік	56,55	48,5	49,13	1,21
Кількість зеконюмлених коштів	млн. грн./рік	0,503	0,431	0,4372	0,0108

- Варіанти:
- 1– застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в трьох режимах;
- 2 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в першому та другому режимах;
- 3 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в другому та третьому режимах;
- 4 – застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі для роботи в першому та третьому режимах.

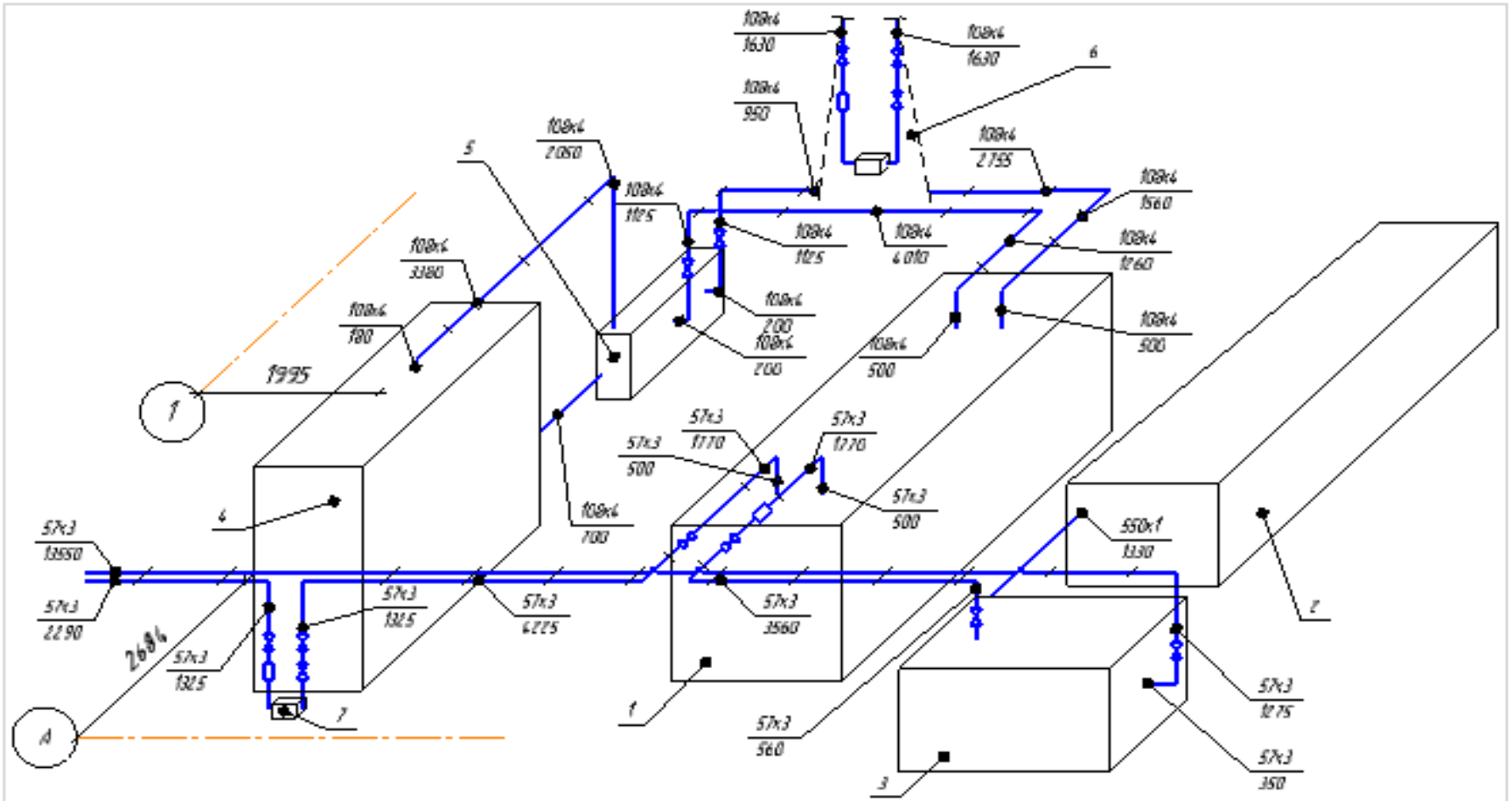
План парової котельні з СЕ з КТНУ



Теплова схема парової котельні з СЕ з КТНУ



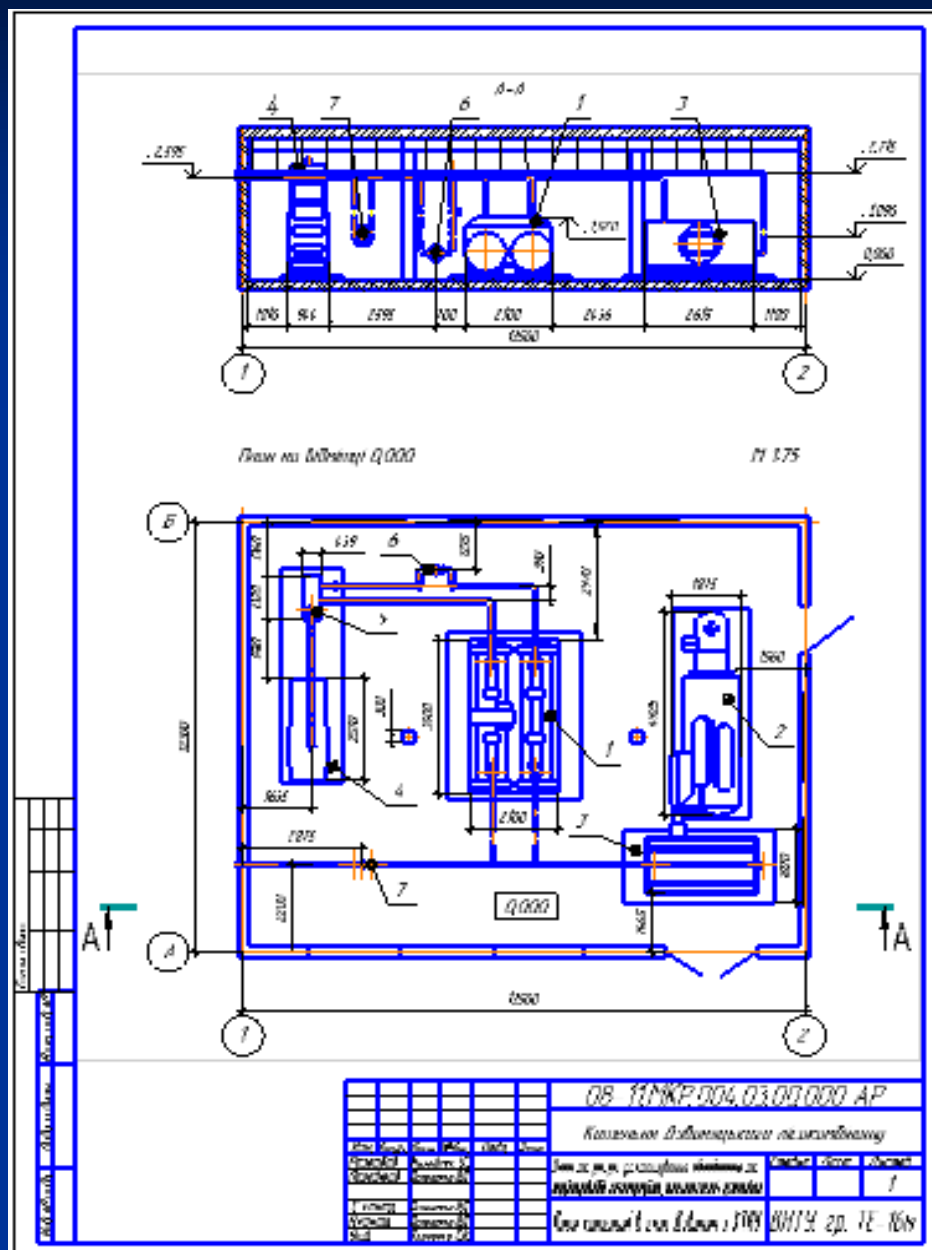
Монтажна схема КТНУ



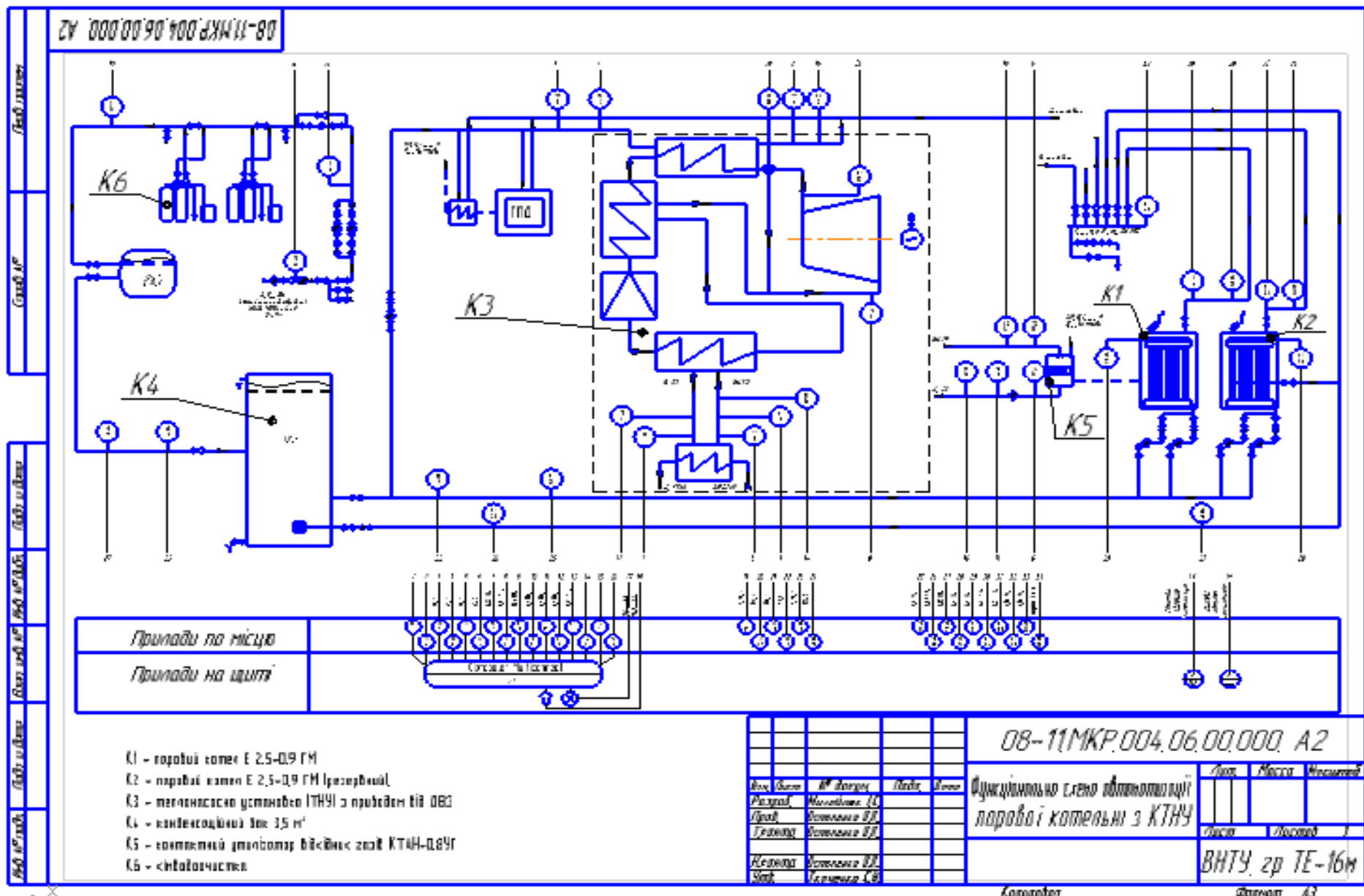
Загальна довжина трубопроводів
 57x3 - l = 33 м
 108x4 - l = 2215 м

						08-11МКР.004.05.00.000 АР			
						Котельня Дзвиняцького лісокомбінату			
Котл.	Котл.	Вент.	Мед.	Підп.	Центр.	Головний монтаж обладнання котельня-монтажник і виконавці в металевій стелі котельні	Склад	Лист	Листов
Розподіл	Настінні	Ці.							1
Підвішені	Вантажні	СР				Види котельні в снт Дзвиняч з КТНУ			
Г. котл.	Вантажні	СР							
П. котл.	Вантажні	СР							
Сент.	Сент.	СР							
							ВНТУ зр. ТЕ-16м		

План та розріз розташування обладнання та трубопроводів КТНУ



Функціональна схема автоматизації котельні з КТНУ



ПОРІВНЯННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант теплової схеми	Модернізована теплова схема з СЕ з КТНУ
Витрата робочого палива	млн. м ³ /рік	1,625	1,571
Економія робочого палива	млн. м ³ /рік	----	0,054
Витрати на паливо	млн. грн./рік	14,465	13,989
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	16,443	15,756
Зменшення експлуатаційних витрат	тис. грн./рік	----	686,227
Капіталовкладення в нове обладнання	млн. грн.	----	1,724
Термін окупності нового обладнання	років	----	2,5

Висновки

- В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання з підвищення ефективності системи енергозабезпечення з когенераційно-теплоносною установкою з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, із визначення енергоефективних режимів експлуатації СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні, проведена оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.
- В магістерській кваліфікаційній роботі проведені дослідження енергетичної ефективності СЕ з КТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів з урахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях. Виконані дослідження та проведена оцінка комплексного впливу режимів роботи та рівнів енергоефективності елементів СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, на показники ефективності СЕ.
- Проведено комплексні оптимізаційні дослідження з метою визначення енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ на вторинних енергоресурсах в тепловій схемі котельні для теплопостачання. Розроблено методичні рекомендації із застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні з використанням теплоти вторинних енергоресурсів.
- Дослідження проведено методом числового експерименту та комплексно оцінено ефективність системи енергозабезпечення з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні. Енергоефективні режими роботи СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів визначались з використанням програми для розрахунку енергоефективності СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, адекватність результатів якої підтверджено характеристиками обладнання за даними фірм-виробників.

- В магістерській роботі вперше апробовано метод комплексного оцінювання СЕ з КТНУ з метою визначення області енергоефективної, екологічно безпечної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні за комплексним показником ефективності з врахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях. Дістали подальший розвиток методи прогнозування умов ефективної інтеграції СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в промисловість та енергетику в частині визначення оптимальних умов застосування СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, з врахуванням втрат енергії при енергоперетвореннях.
- Встановлено енерго-еколого-економічний ефект від застосування системи енергозабезпечення з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні.
- Результати проведених досліджень опубліковано в трьох наукових публікаціях: двох наукових статтях [1-2] у збірниках наукових матеріалів Міжнародних інтернет-конференцій, а також тезах доповіді [3] регіональної конференції.
- За результатами проведених досліджень, що опубліковані в роботі [1], здійснена комплексна оцінка ефективності СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів (відхідних газів паливних котлів з використанням низькотемпературної теплоти в КТНУ), на основі комплексного показника енерго-еколого-економічної ефективності СЕ з КТНУ, з метою визначення ефективних та економічно обґрунтованих режимів роботи СЕ з КТНУ. Запропонований підхід дозволив визначити область високої ефективності СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів пікових паливних котлів, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високоефективної експлуатації зазначених СЕ.

- Практичні рекомендації по застосуванню СЕ з КТНУ, з використанням теплоти вторинних енергоресурсів, в тепловій схемі котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування СЕ з КТНУ з обґрунтуванням вибору енергоефективних, екологічно безпечних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ на теплоті вторинних енергоресурсів в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обраного варіанту СЕ з КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів.
- За обраним варіантом в тепловій схемі котельні передбачено встановлення теплового насоса марки НТ-110 з теплопродуктивністю 150...230 кВт, що буде працювати цілорічно для забезпечення потреб гарячого водопостачання та опалення. Привод компресора КТНУ буде забезпечено від ГПД марки Generac SG100L з номінальною електричною потужністю 80 кВт.
- Вартість капіталовкладень в нове обладнання становить 1,568 млн. грн. Впровадження СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні забезпечить зменшення експлуатаційних витрат 686,227 тис. грн./рік. Термін окупності капіталовкладень в СЕ з КТНУ складе 2 роки 5 місяців.