«СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНИМИ ТА ТЕПЛОНАСОСНИМИ УСТАНОВКАМИ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ В МІСТІ ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ »

Виконав ст. гр. ТЕ-16м (з/в) Лебідь І. Ю.

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

- **Об'єкт дослідження** – ефективність теплової схеми котельні в м. Хмельницький з системою енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосною установкою (КТНУ).

- **Предметом дослідження** є процеси в елементах СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Хмельницький, які забезпечують підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванням СЕ з КТНУ

- **Актуальність роботи.** Системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційними та теплонасосними установками (КТНУ) мають високу енергетичну та економічну ефективність порівняно з традиційними джерелами теплозабезпечення, що підтверджено значною кількістю публікацій вітчизняних та закордонних авторів.
- **Метою МКР є** підвищення ефективності теплової схеми котельні в місті Хмельницький з використанням системи енергозабезпечення з когенераційними та теплонасосними установками, визначення раціональних режимів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для забезпечення теплових навантажень споживачів опалення та гарячого водопостачання,оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Хмельницький.

- **Завдання МКР:**
  - – дослідити варіанти з підвищення ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ;
  - – дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні;
  - – провести дослідження, визначити енергоефективні режими та умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький);
  - – розробити методичні рекомендацій із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ.

Науково-практична новизна:

- проведено апробацію методу комплексного оцінювання систем енергозабезпечення з КТНУ з метою визначення області енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні в м. Хмельницький з СЕ з КТНУ, з використанням комплексного показника ефективності систем енергозабезпечення з КТНУ;
- дістали подальший розвиток методи прогнозування умов ефективної інтеграції теплових схем водогрійних котельних з СЕ з КТНУ в промисловість та енергетику в частині визначення оптимальних умов застосування в теплових схемах водогрійних котелень СЕ з КТНУ.

Показники енергетичної ефективності систем енергозабезпечення з КТНУ

- частка навантаження

КТНУ у складі СЕ $\beta = Q_{КТНУ}/Q_{СЕ}$

- безрозмірний критерій

енергетичної ефективності

СЕ з КТНУ та ПДТ

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

Комплексний узагальнений безрозмірний критерій енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ

$$К_{СЕ}^{ен.ек.} = К_{СЕ} + \Delta E_i^{СЕ} = (1-\beta)\cdot К_{ПДТ} + \beta \cdot К_{КТНУ} + \Delta E_i^{СЕ}$$

- де $\Delta E_i^{СЕ} = \dfrac{(E_{ДТ})_i - (E_{СЕ})_i}{(E_{ДТ})_i}$

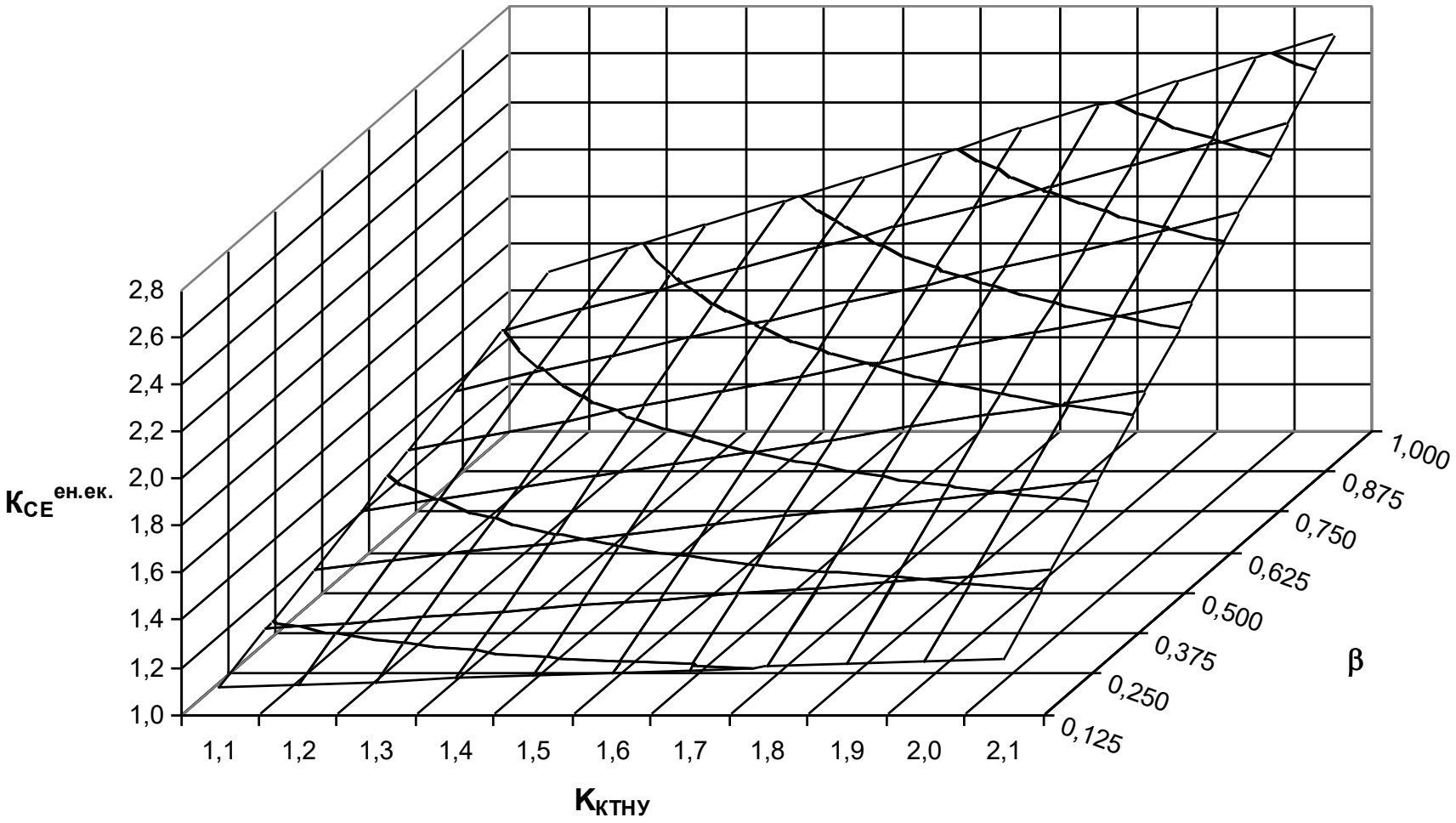
– відносна економічна ефективність (у частках) для СЕ з КТНУ та ПДТ для *i*-го режиму роботи СЕ;

- $(E_{ДТ})_i$ – експлуатаційні витрати заміщуваного джерела теплової енергії (ДТ) для *i*-го режиму роботи,
- $(E_{СЕ})_i$ – експлуатаційні витрати СЕ з КТНУ та ПДТ для *i*-го режиму роботи;

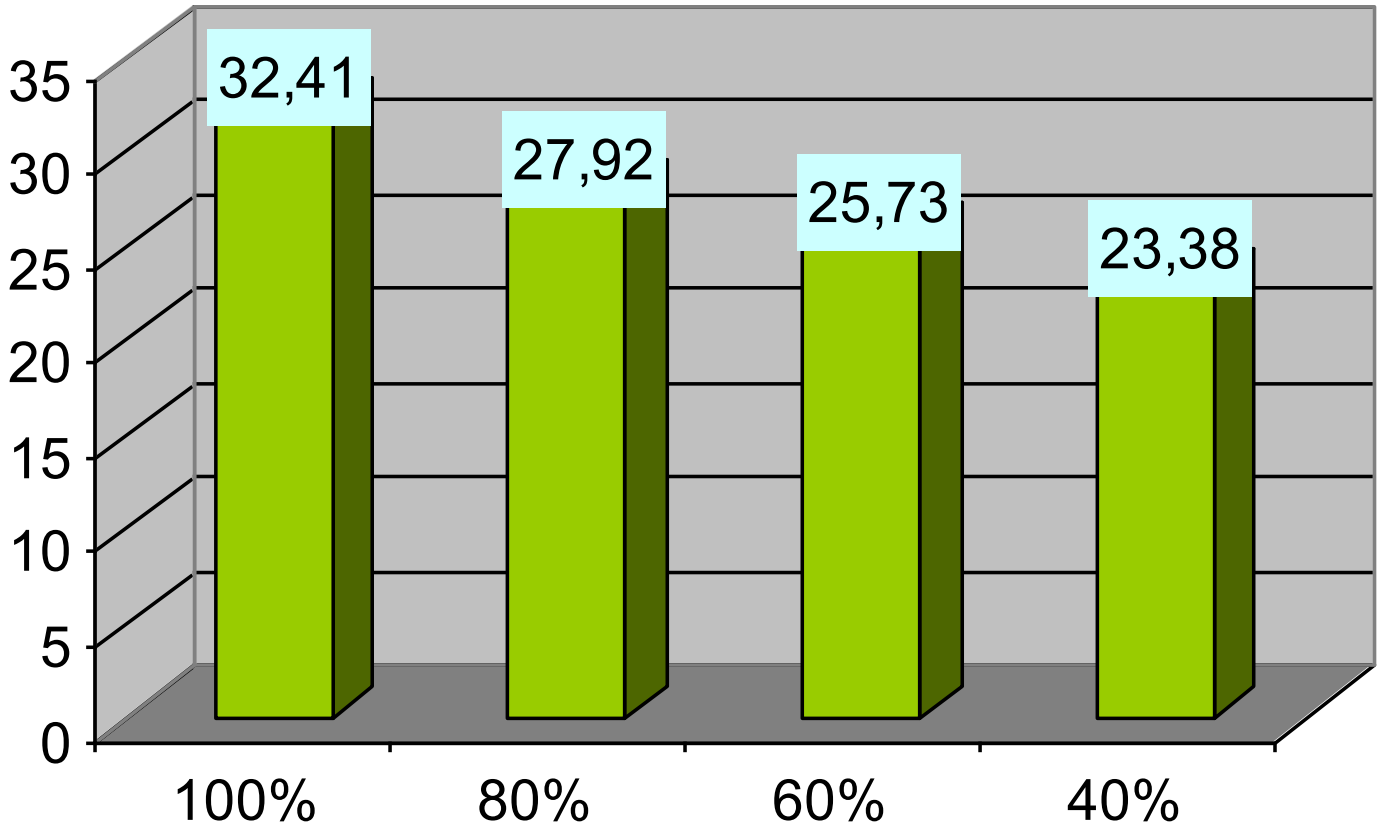
β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ;

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

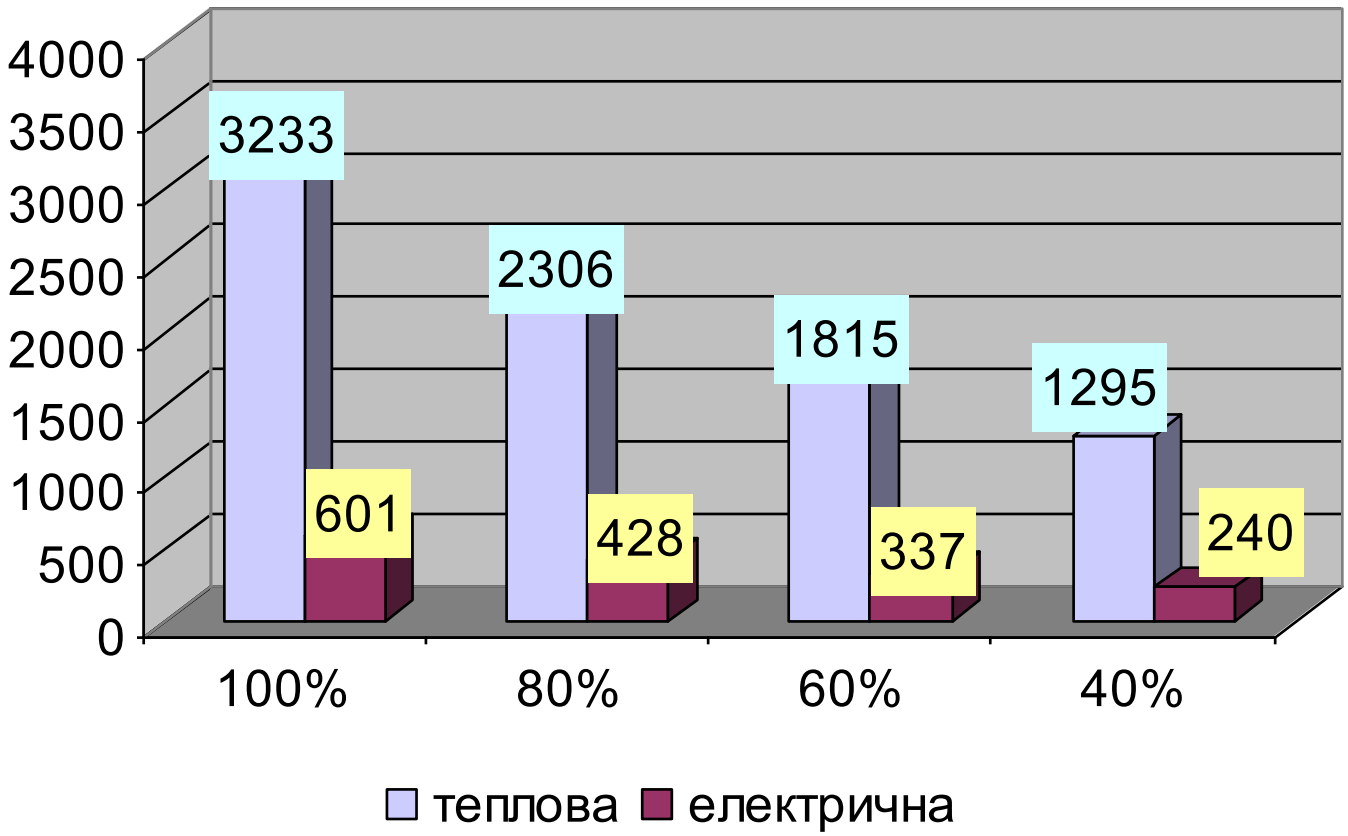
ОБЛАСТЬ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ З СЕ З КТНУ ПОТУЖНІСТЮ ПОНАД 1МВТ, ЗА УМОВ МАКСИМАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГПД ТА КОТЛІВ



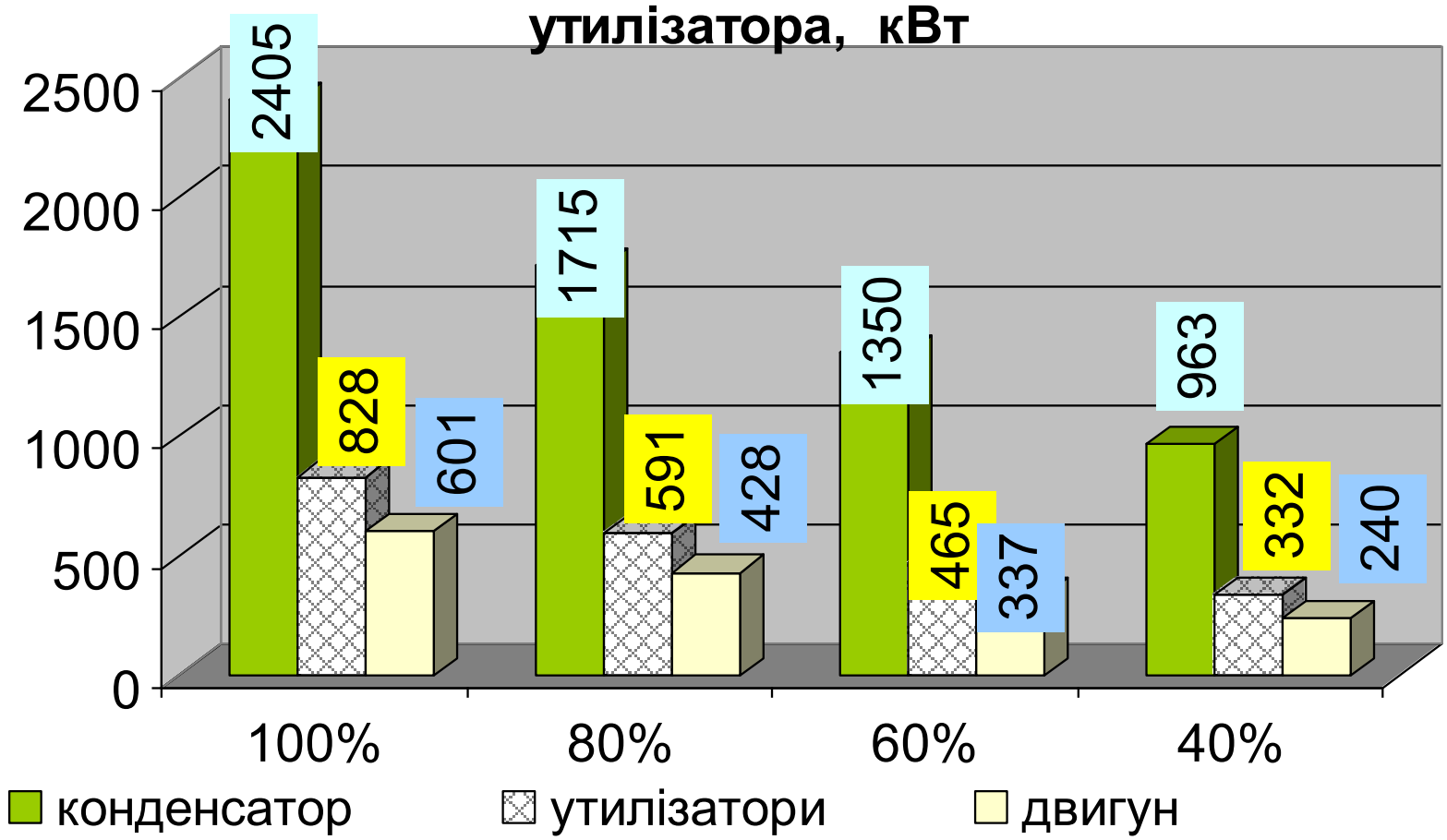
Значення економії робочого палива від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, %



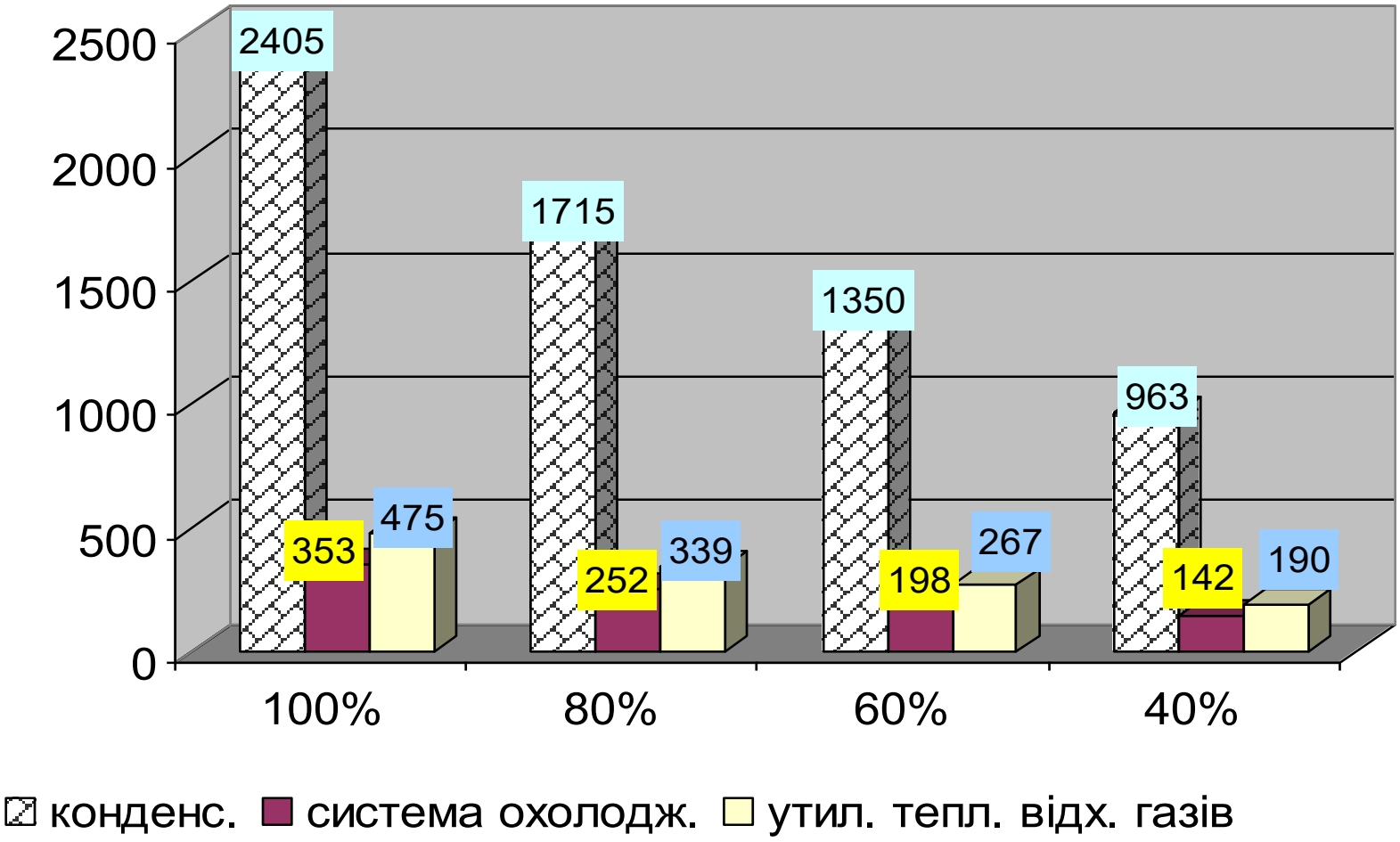
Значення теплової та електричної потужностей КТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



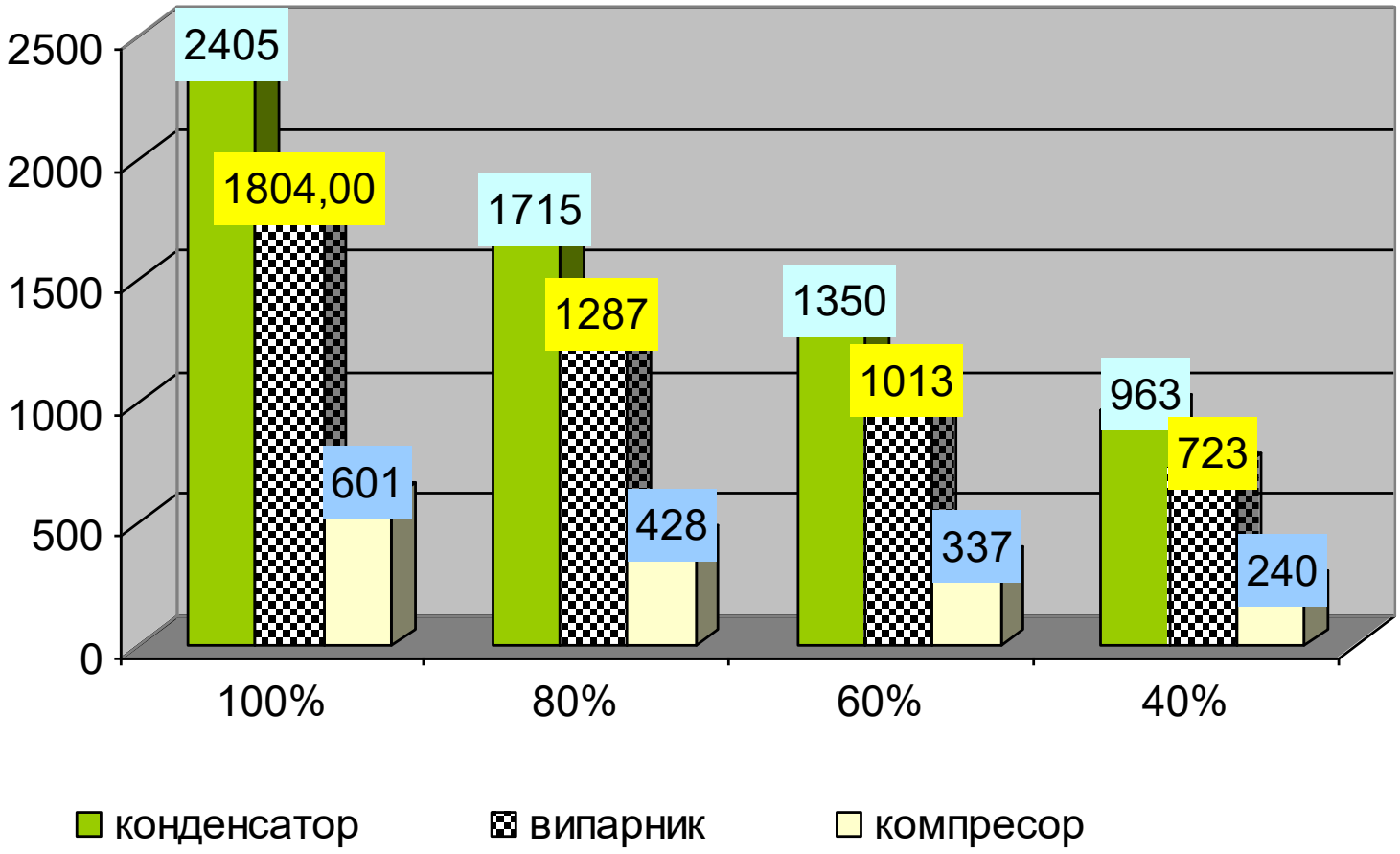
Значення теплових потужностей конденсатора та утилізаторів і електричної потужності двигуна КТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



Значення теплових потужностей конденсатора ТНУ, системи охолодження та утилізаторів КТНУ в залежності від частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



Значення потужностей конденсатора, випарника та компресора ТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт

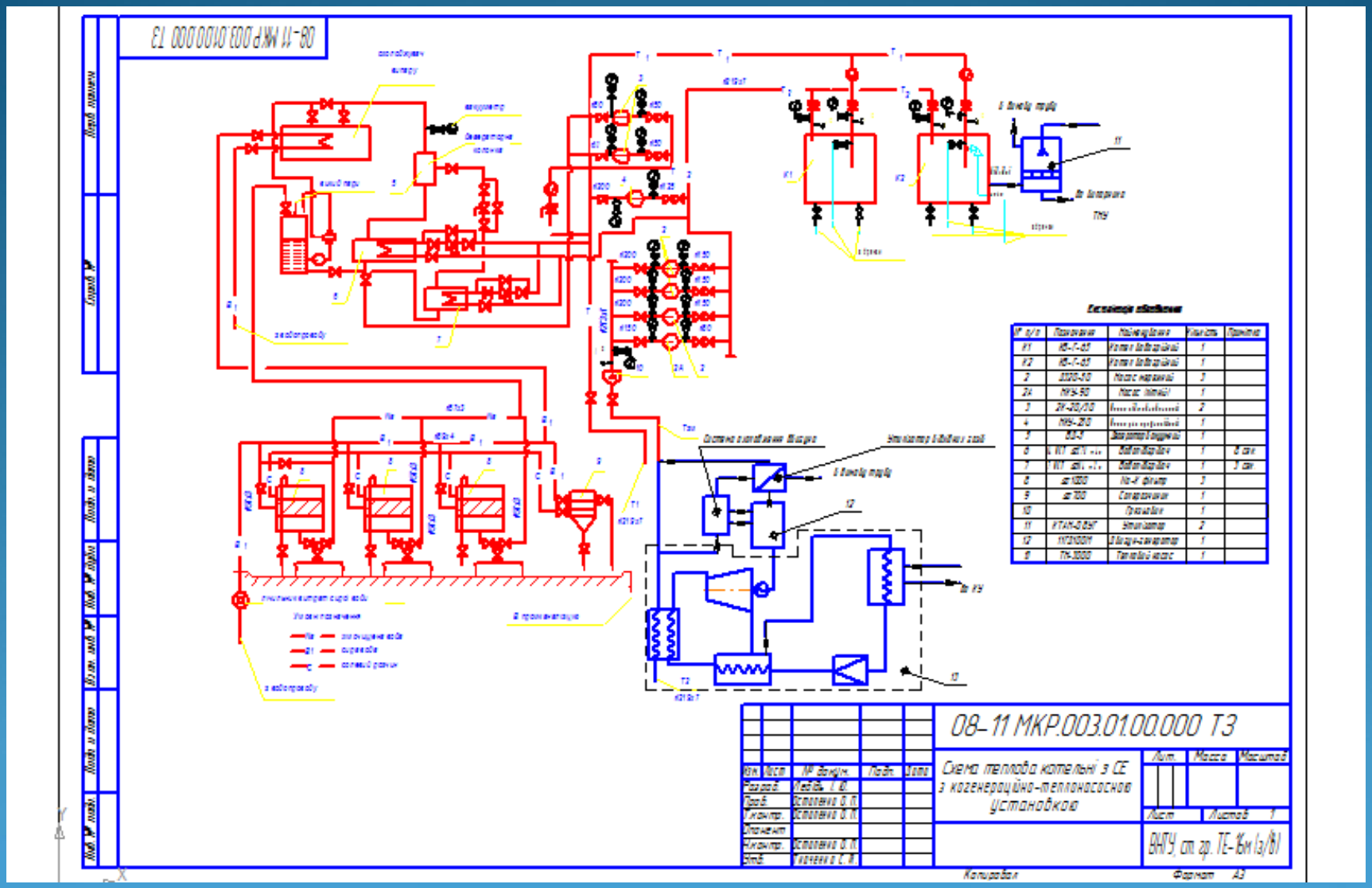


Ефективність варіантів застосування КТНУ та обґрунтування вибору найбільш ефективного варіанту

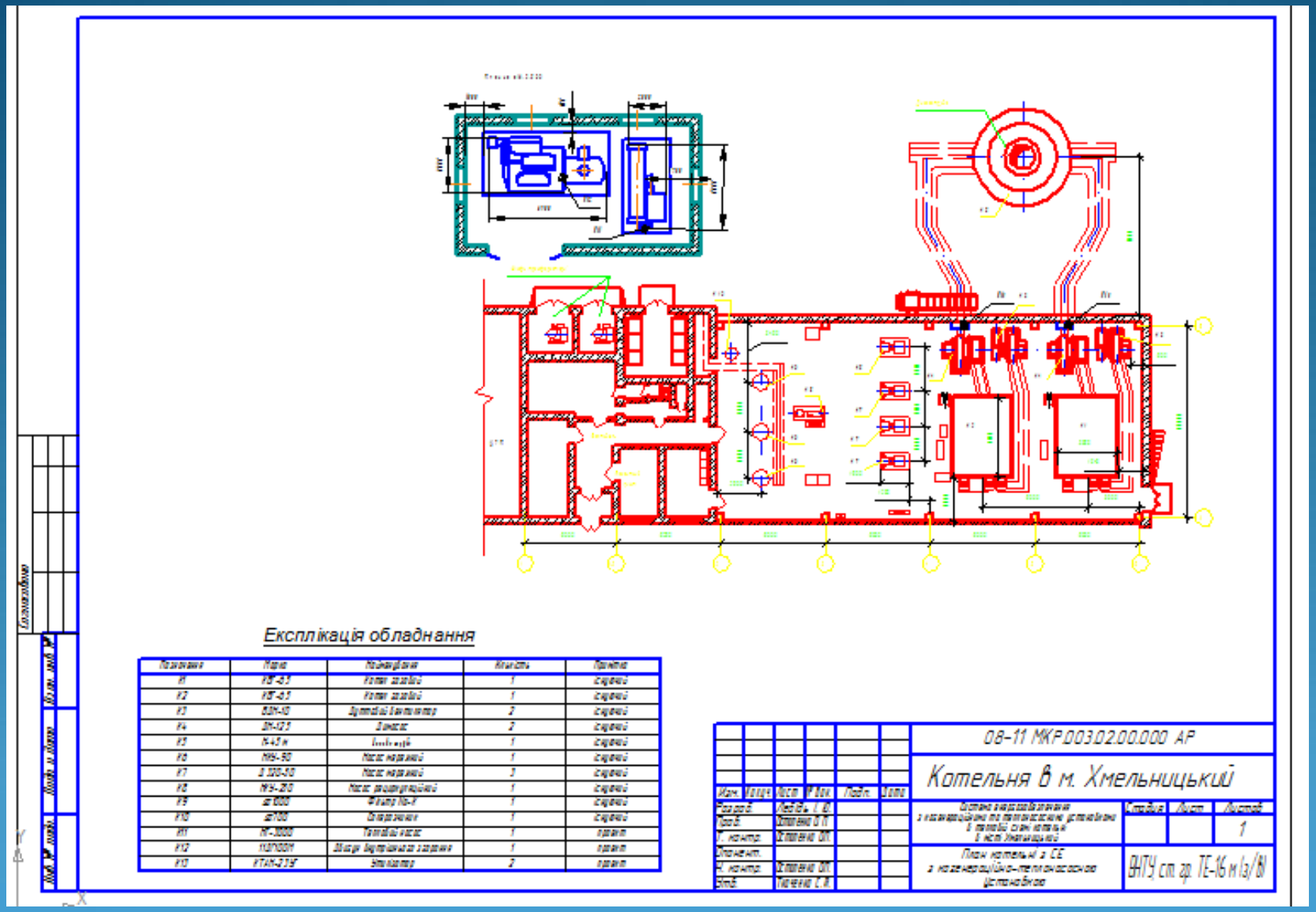
Показник	Одиниці вимірювання	Варіант застосування			
		1	2	3	4
Річна економія робочого палива	%	32,41	27,92	25,73	23,38
Температура відхідних газів	°С	55	76	97	118
Економія робочого палива	тис.м^3/рік	1641,91	1414,45	1303,50	1184,45
Кількість зекономлених коштів	млн. грн./рік	11,29	9,73	8,97	8,15

- Варіанти:
- 1– застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 100% потужності контактного утилізатора;
- 2 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 80% потужності контактного утилізатора;
- 3 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 60% потужності контактного утилізатора;
- 4 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 40% потужності контактного утилізатора.

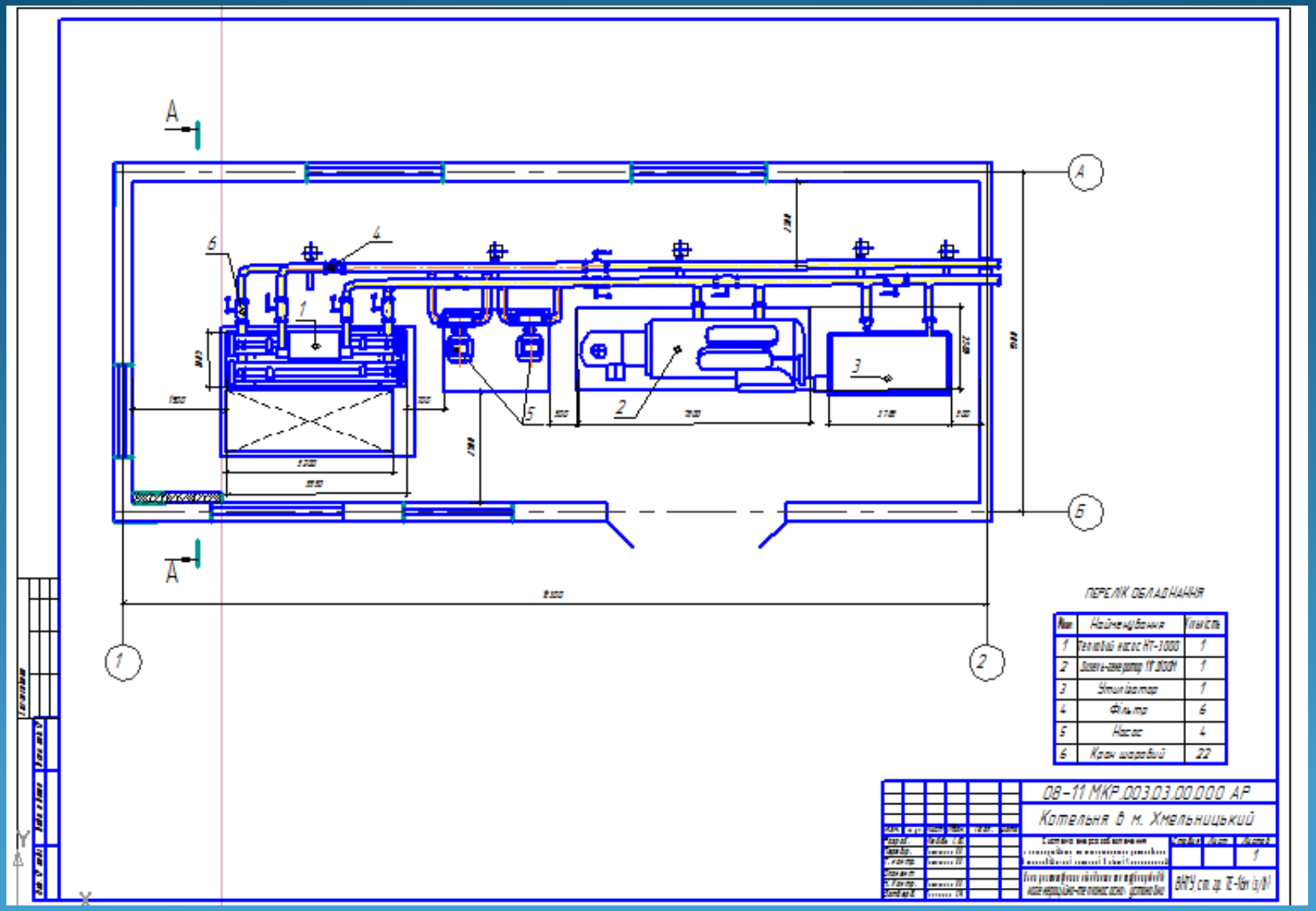
Теплова схема котельні з СЕ з КТНУ



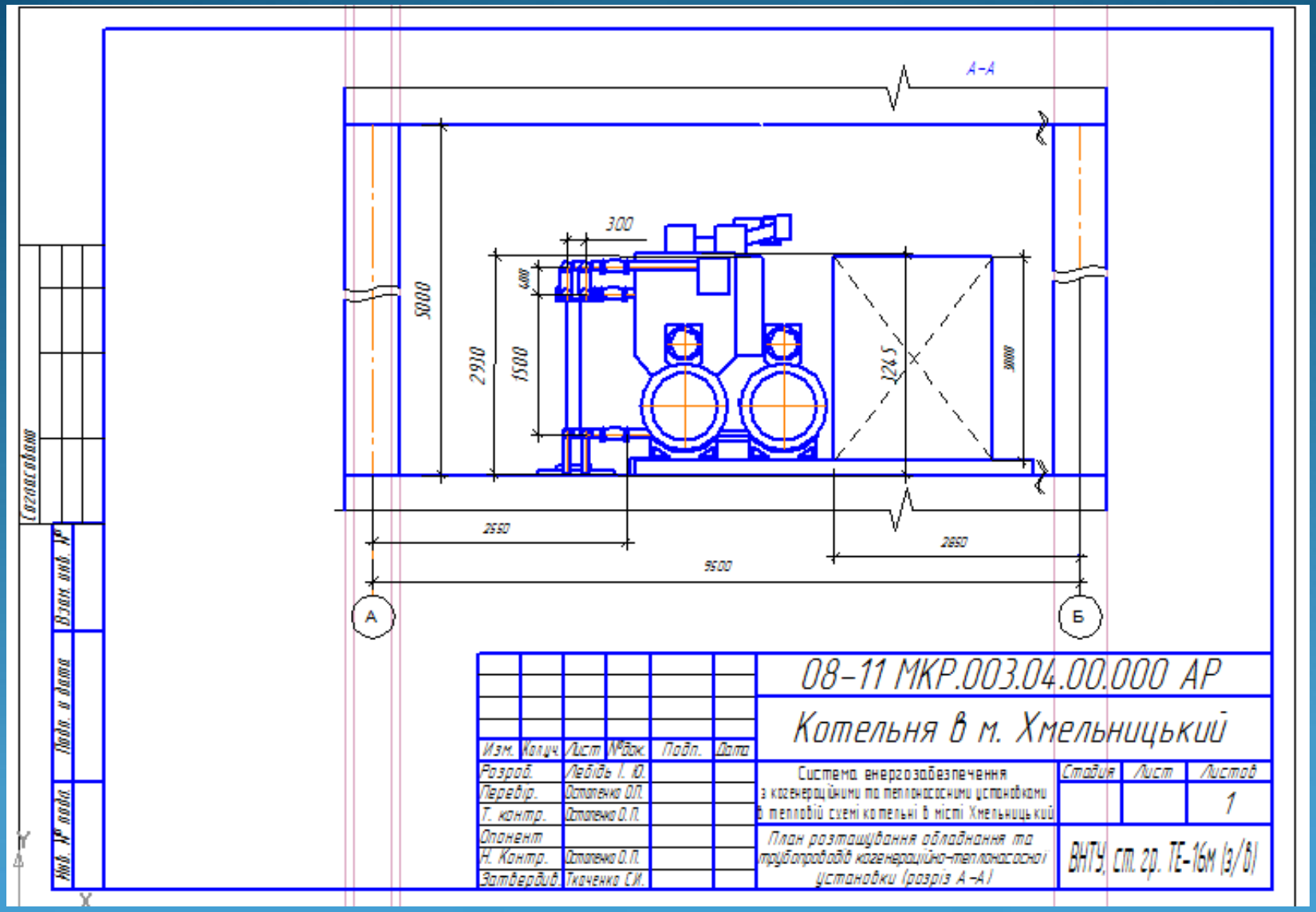
План котельні з СЕ з КТНУ



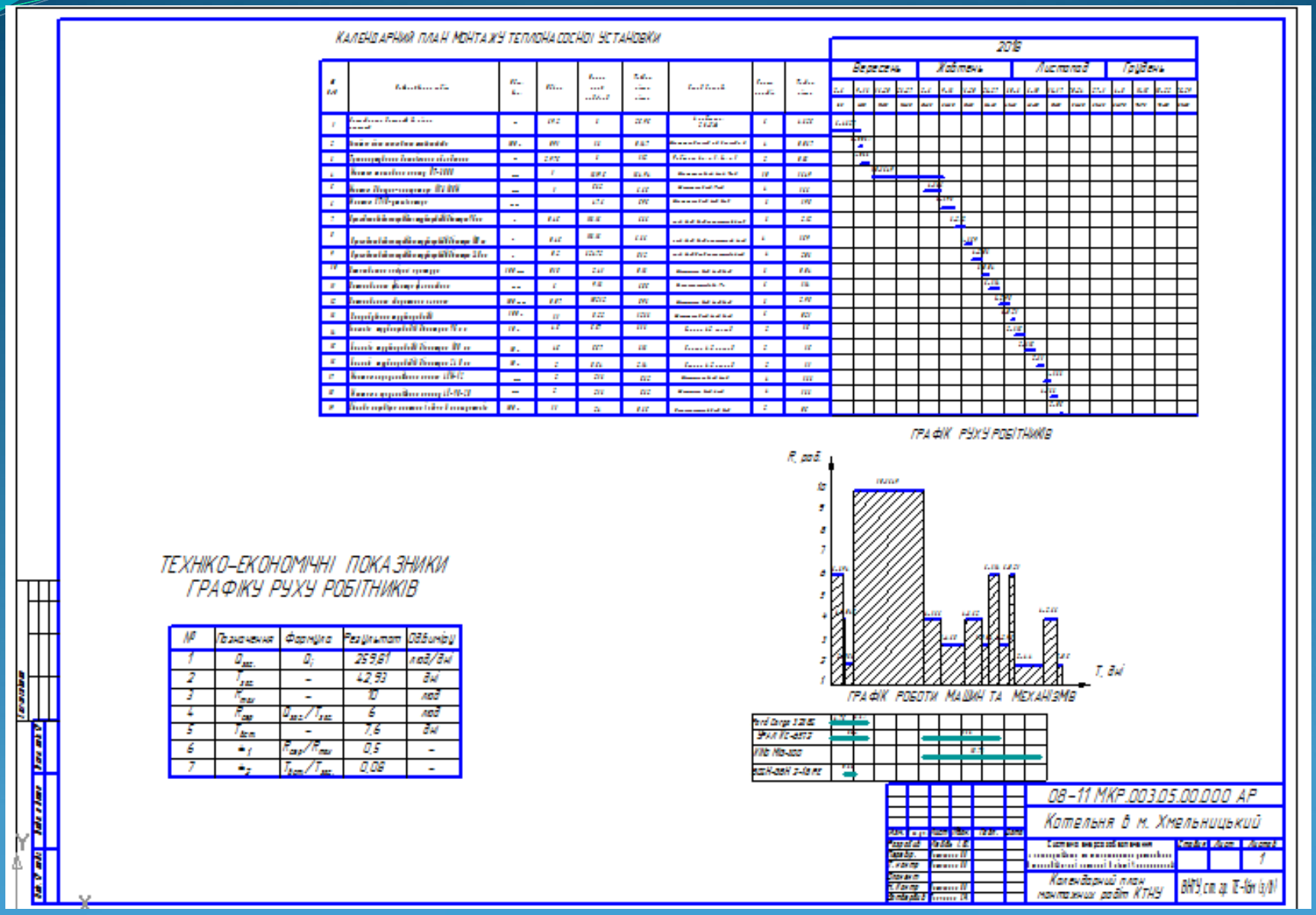
План розташування обладнання та трубопроводів КТНУ



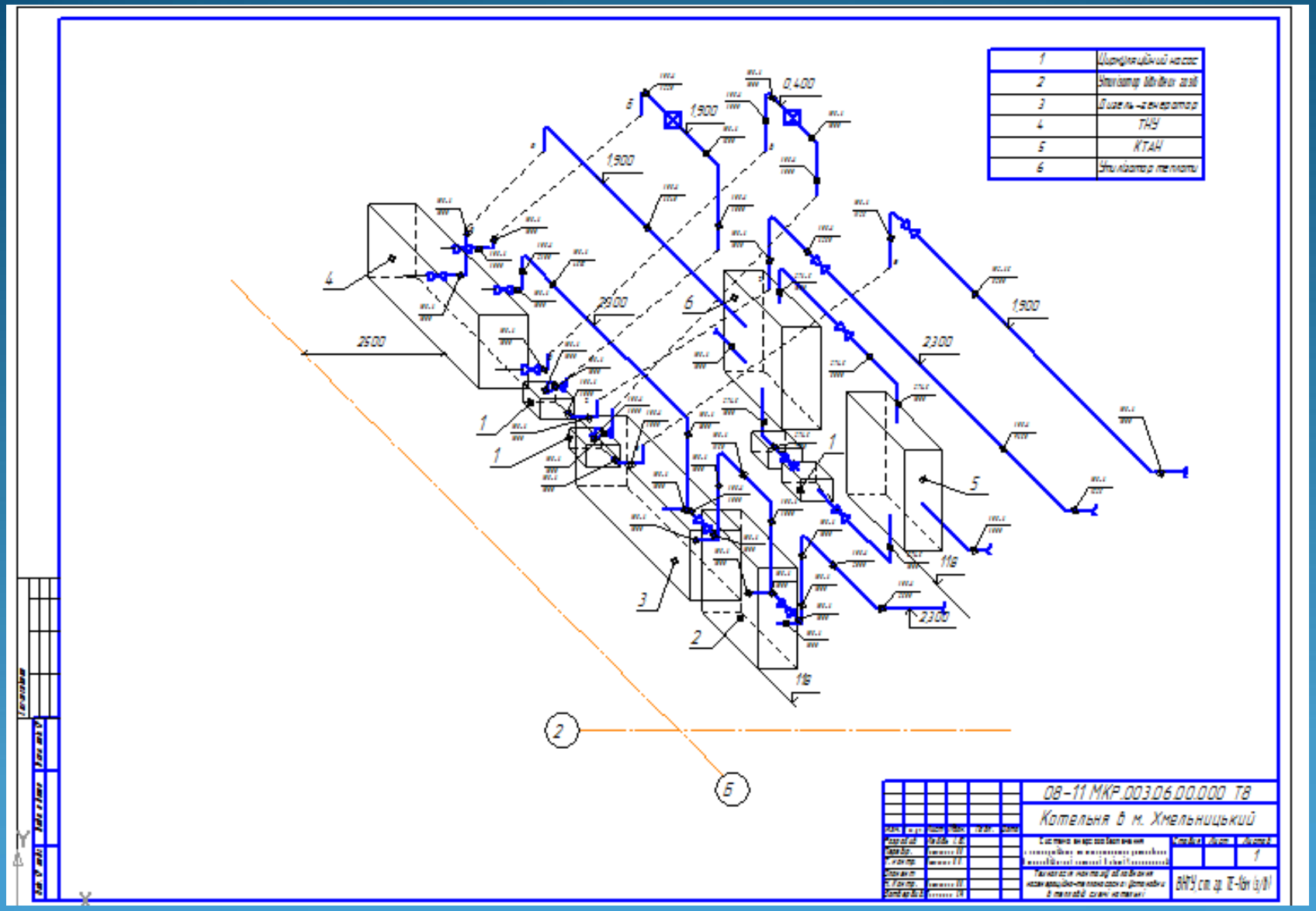
План та розріз розташування обладнання та трубопроводів КТНУ. Розріз А-А



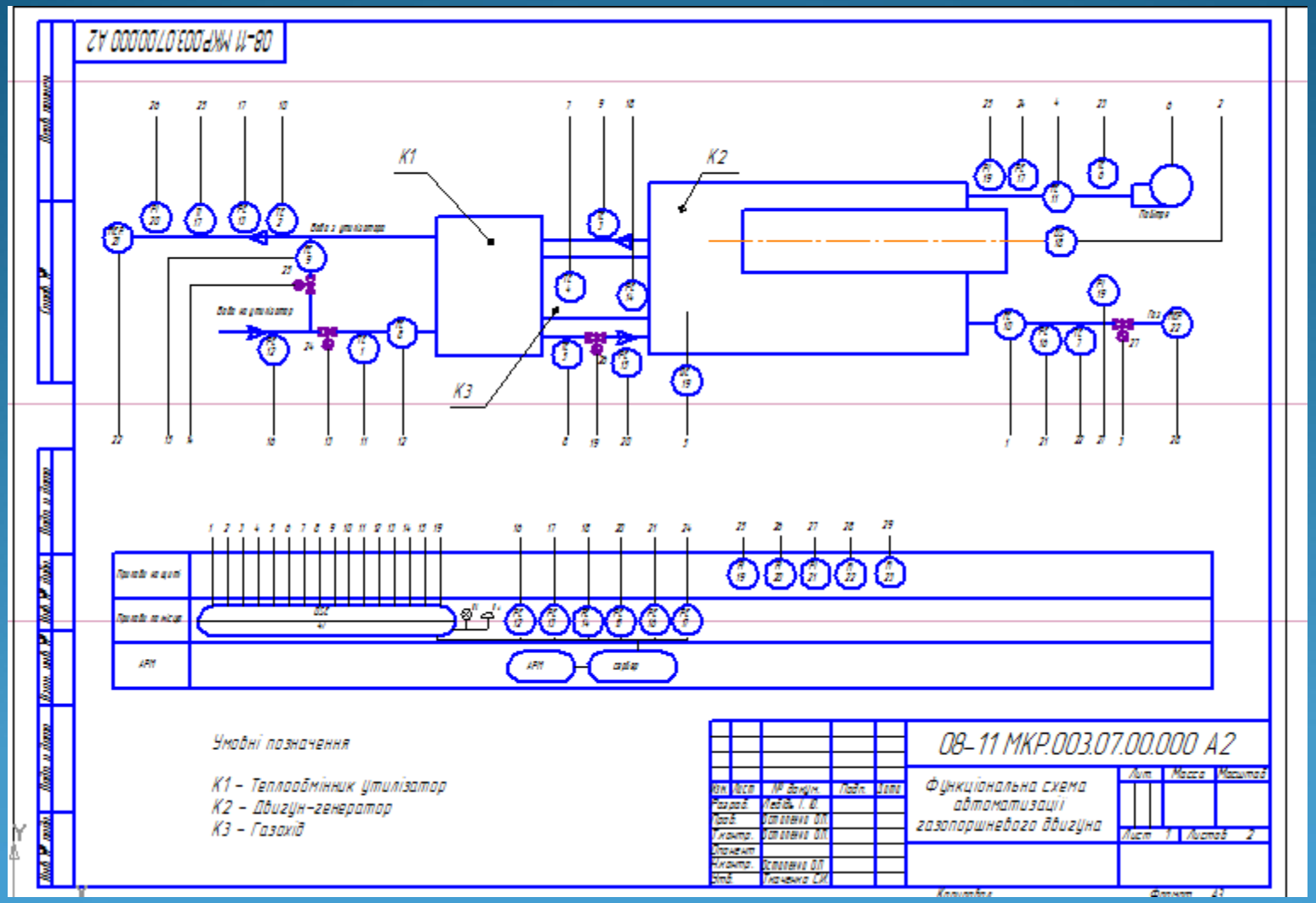
Календарний план монтажних робіт КТНУ



Технологія монтажу обладнання КТНУ



Функціональна схема автоматизації ГПД



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант теплової схеми котельні	Модернізована теплова схема з СЕ з КТНУ
Витрата робочого палива	тис. $м^3$/рік	5066,067	3414,28
Економія робочого палива	тис. $м^3$/рік	---	1651,787
Витрати на паливо	млн. грн./рік	45,414	30,607
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	53,492	47,423
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік	----	6,069
Капіталовкладення в нове обладнання	млн. грн.	----	16,684
Капіталовкладення в нове обладнання з урахуванням витрат на монтаж	млн. грн.	----	24,359
Термін окупності нового обладнання	років	----	4,01

Висновки

- В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання з підвищення ефективності теплової схеми котельні в м. Хмельницький із застосуванням СЕ з КТНУ, із визначення енергоефективних режимів експлуатації теплової схеми котельні в м. Хмельницький з СЕ з КТНУ, проведена оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Хмельницький.
- В магістерській кваліфікаційній роботі проведені дослідження з підвищення ефективності теплової схеми котельні в м. Хмельницький із застосуванням СЕ з КТНУ. Досліджено варіанти з підвищення ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ. Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Проведено дослідження, визначено енергоефективні режими та умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький). Розроблено методичні рекомендацій із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Хмельницький) із застосуванням СЕ з КТНУ.

- Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Хмельницький
- Результати проведених досліджень опубліковано в двох наукових публікаціях: науковій статті [1] у збірнику наукових матеріалів Всеукраїнської конференцій, а також тезах доповіді [2] Міжнародної конференції.
- Запропонований в роботах [48-50] підхід дозволив визначити область високої енергоекономічної ефективності теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою з СЕ з КТНУ, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енергоекономічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високоефективної експлуатації СЕ з КТНУ для теплової схеми котельні в м. Хмельницький.
- За результатами проведених досліджень визначена область енергоекономічної роботи теплової схеми водогрійної котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1МВт (рис. 3.1). Ця область визначена за показником енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з формули (3.1), за умов максимальної ефективності ГПД та пікового котла.

- Практичні рекомендації по застосуванню СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно обгрунтованих умов застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обладнання для обраного варіанту застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні.
- За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням СЕ з КТНУ передбачено встановлення теплового насоса ТН-3000, який працює середньому опалювальному режимі та ГВП. Джерелом низькотемпературної теплоти для КТНУ є теплота від контактного утилізатора та поверхнева вода. Підібрано КТАН-утилізатор марки КТАН-2,3УГ з теплопродуктивністю 0,3-3 МВт. Привод компресора КТНУ буде забезпечено від газопоршневого двигуна-генератора марки 11ГД100М, з потужністю 1000 кВт.
- За рахунок впровадження комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Хмельницький забезпечується економія природного газу у ΔB_p =23,4%
- Визначено основні техніко-економічні показники котельні з СЕ з КТНУ. У випадку застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. Термін окупності капіталовкладень становить 4,1 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 6,07 млн. грн./рік.