«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ КОТЕЛЬНІ ПІДПРИЄМСТВА «ХІМРЕАКТИВ» В МІСТІ ЧЕРКАСИ»

Виконав ст. гр. ТЕ-16м (з/в) Войцех І. Г.

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

- **Об'єкт дослідження** – енергоефективність теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси із застосуванням енергоефективних систем енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ).
- **Предметом дослідження** є процеси в елементах енергоефективних СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси, які забезпечують підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванням СЕ з КТНУ

- **Актуальність роботи.** За недостатності та невідповідної якості власних та високої вартості імпортованих паливно-енергетичних ресурсів в Україні, підвищеного попиту на електричну енергію в години пікового споживання (особливо в опалювальний період), за недостатності існуючих електрогенеруючих потужностей в Україні та періодичної неузгодженості графіків вироблення і споживання електричної енергії, з метою зменшення навантаження на енергосистему України, в сучасних умовах надзвичайно актуальною постає технологія створення енергогенеруючих потужностей на основі комбінованих когенераційних і теплонасосних установок. Ця технологія передбачає застосування комбінованих когенераційно-теплонасосних установок, що дозволить знизити споживання природного або альтернативного газу на 30-45 % у порівнянні з котельними установками еквівалентної потужності, а також одержати більш дешеву за собівартістю електроенергію у порівнянні з мережевою (на 30-40 %). Когенераційний привод компресорів ТНУ може бути забезпечений на основі газових двигунів-генераторів, що випускаються українськими підприємствами.
- Системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) мають високу енергоефективність, що підтверджується багатьма публікаціями.

- **Метою МКР** є підвищення енергоефективності теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» з використанням енергоефективної СЕ з КТНУ, визначення раціональних режимів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для забезпечення теплових та електричних навантажень споживачів, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси.

- **Завдання МКР:**
  - – дослідити варіанти з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванняс СЕ з КТНУ (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси);
  - – дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси) із застосуванням енергоефективних 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 підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси);
  - – розробити методичні рекомендацій із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси) із застосуванням енергоефективних 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 з СЕ з КТНУ підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси, з використанням комплексного показника ефективності систем енергозабезпечення з КТНУ;
- дістали подальший розвиток методи прогнозування умов ефективної інтеграції енергоефективних СЕ з КТНУ в теплові схеми водогрійних котельних в частині визначення оптимальних умов застосування СЕ з КТНУ в теплових схемах водогрійних котелень.

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

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

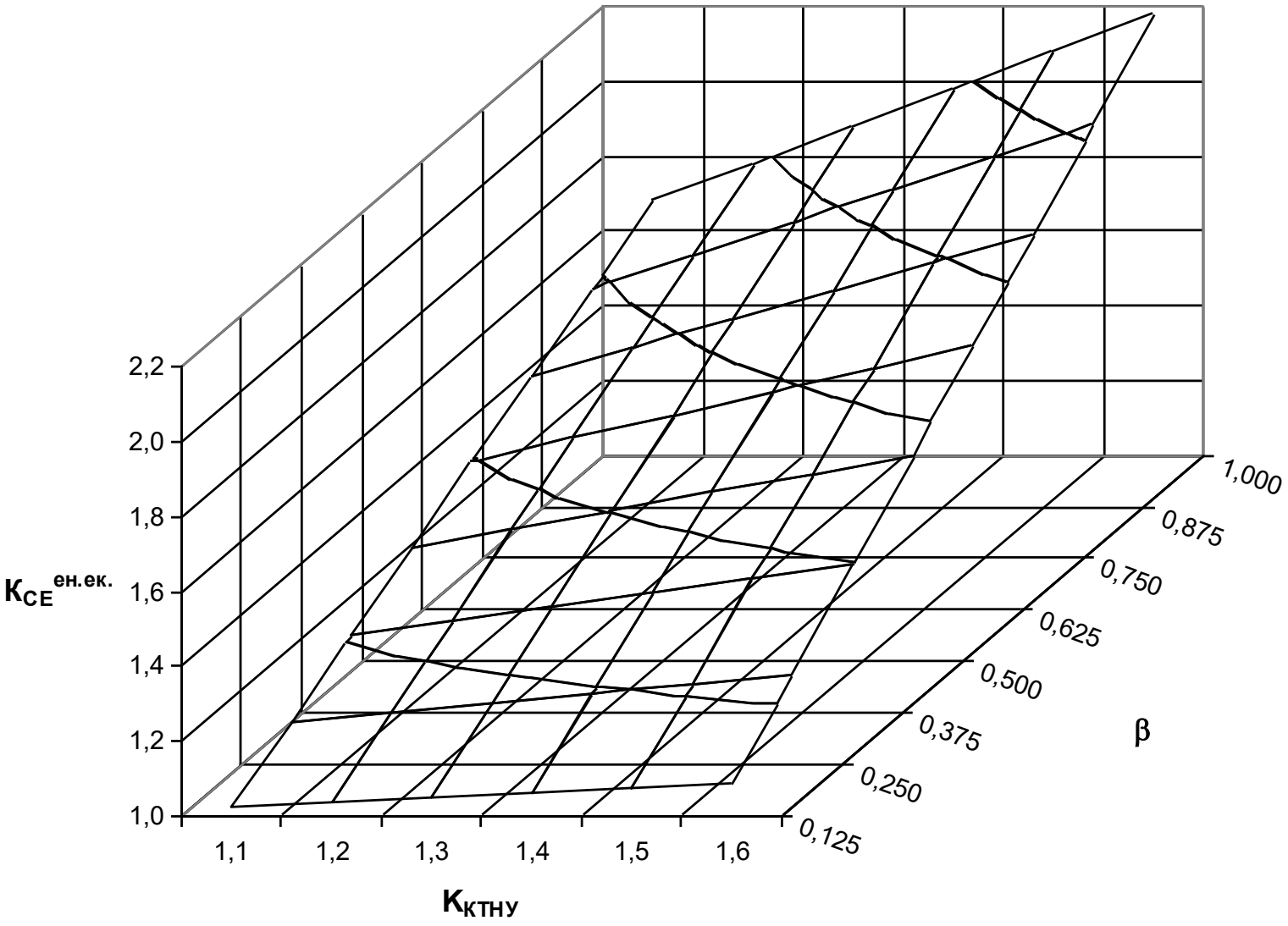
- $(E_{ДТ})_i$ – експлуатаційні витрати заміщуваного джерела теплової енергії (ДТ) для *i*-го режиму роботи,
- $(E_{СЕ})_i$ – експлуатаційні витрати СЕ з КТНУ та ПДТ для *i*-го режиму роботи;

β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ;

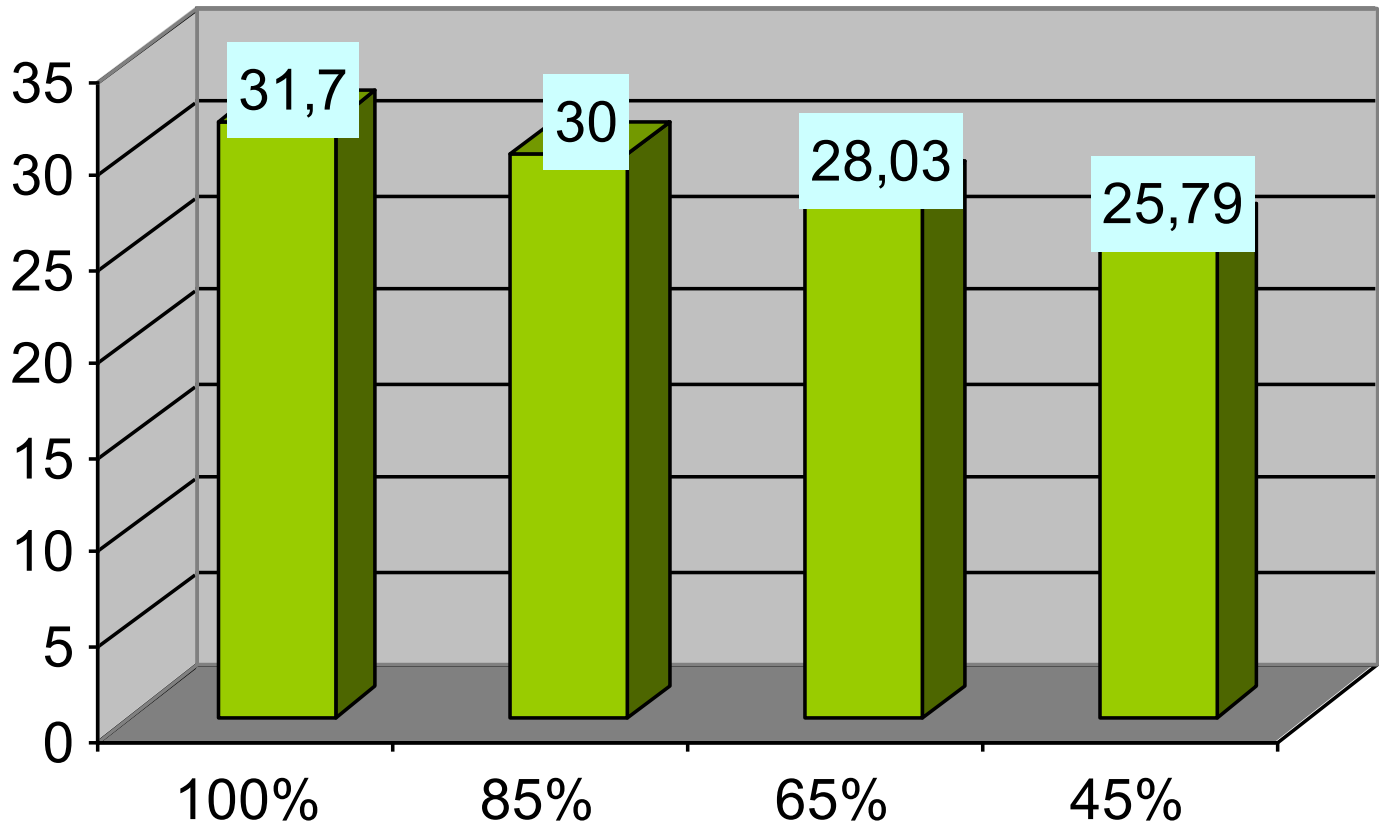
$$К_{ПДТ}^{ПК} = Q_{ПК} / Q_{п} = \eta_{ПК}$$

- – безрозмірний критерій енергоефективності ПДТ у складі СЕ.

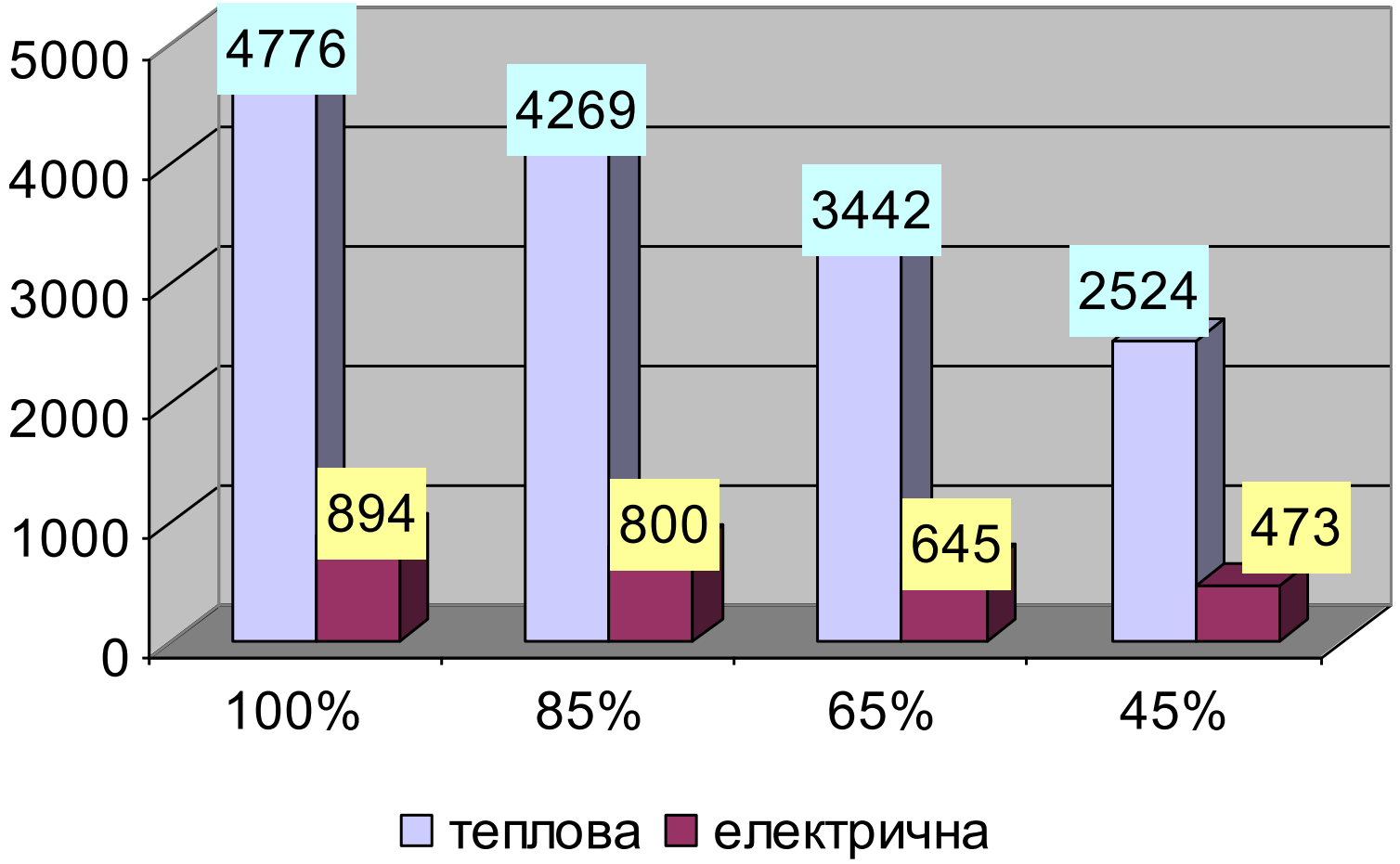
ОБЛАСТЬ ЕНЕРГОЕКОНОМІЧНОЇ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНІ З СЕ З КТНУ ПОТУЖНІСТЮ ПОНАД 1МВТ, ЗА УМОВ МІНІМАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГПД ТА КОТЛІВ



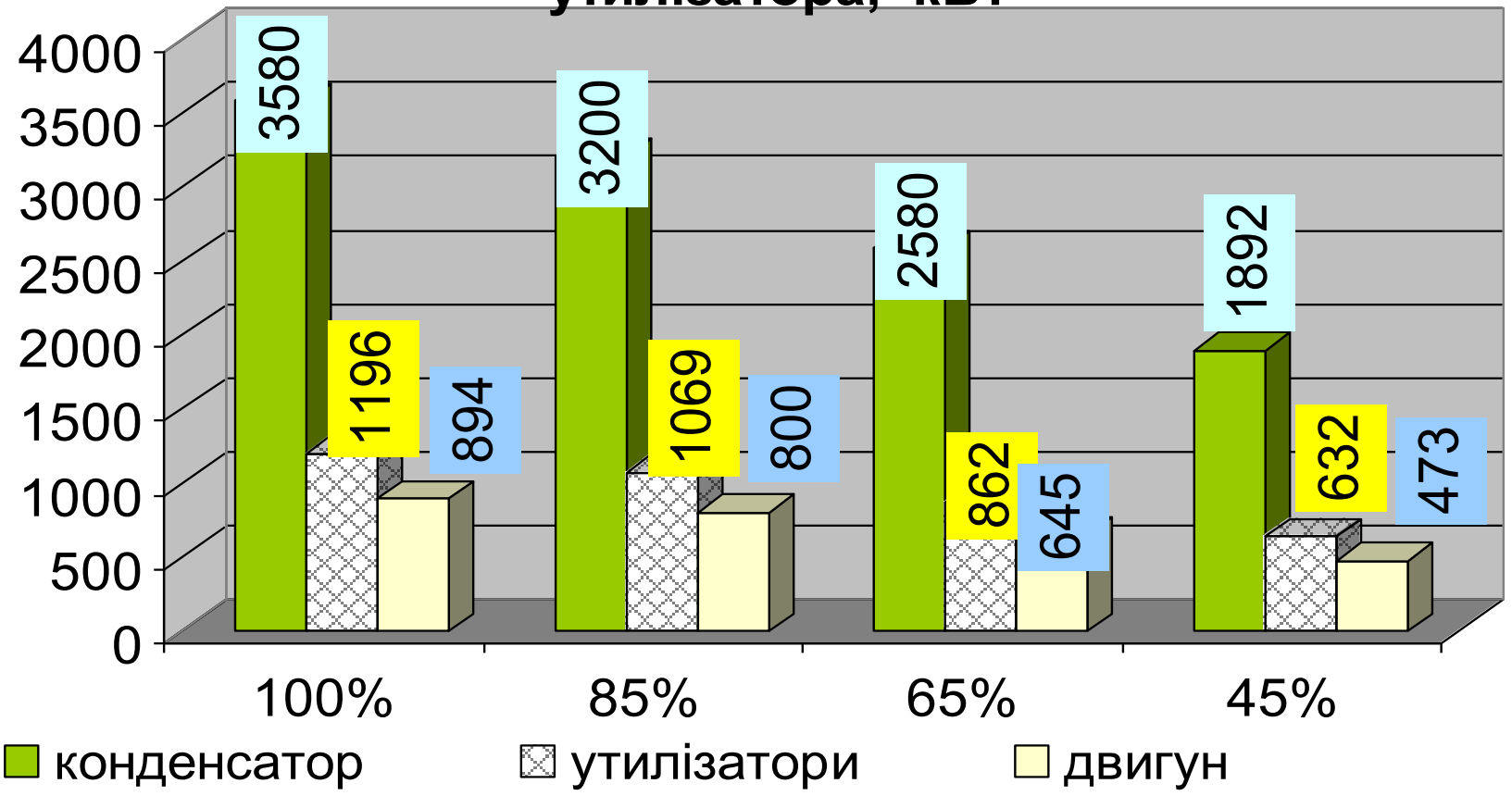
Значення економії робочого палива від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, %



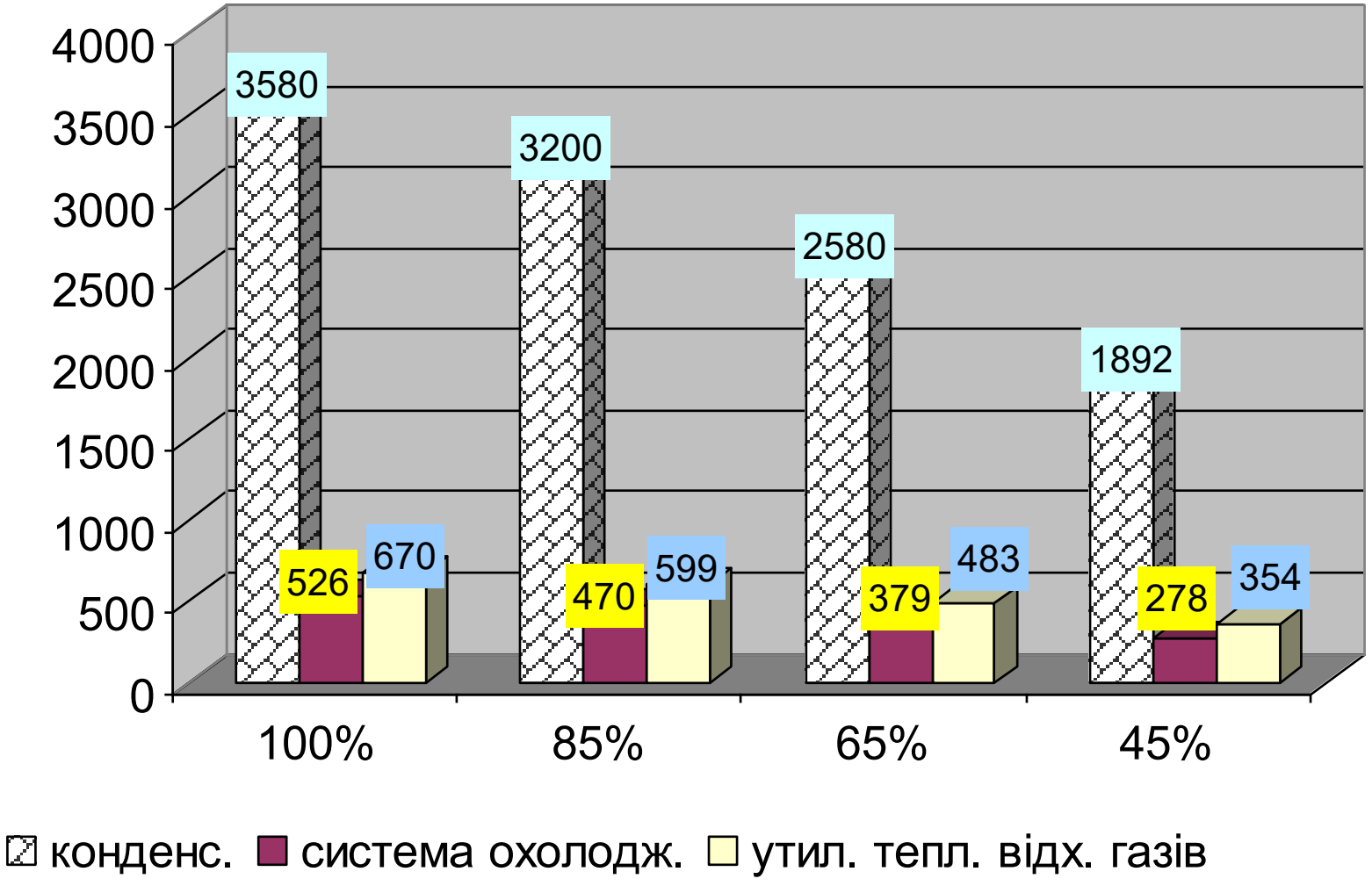
Значення теплової та електричної потужностей КТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



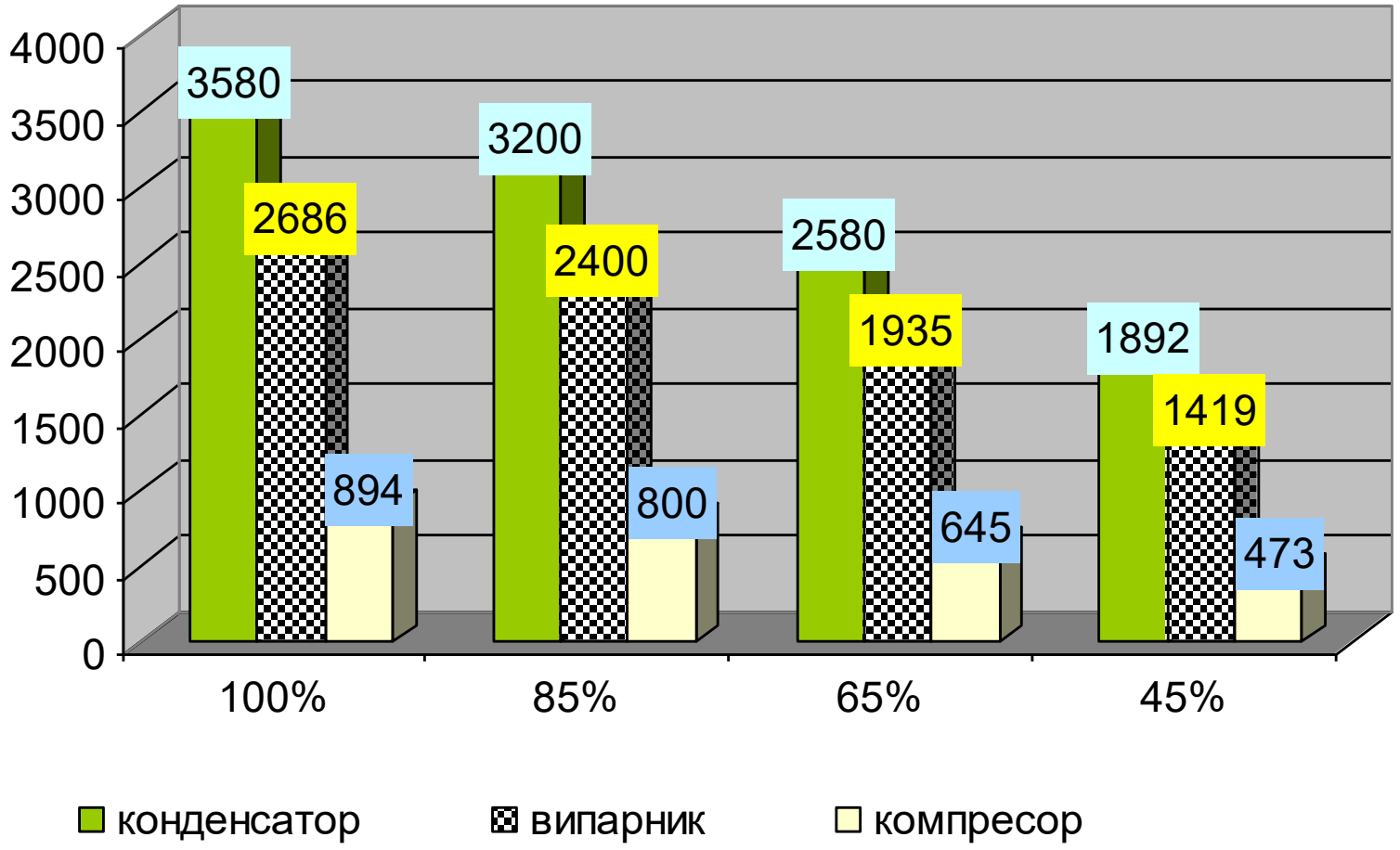
Значення теплових потужностей конденсатора та утилізаторів і електричної потужності двигуна КТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



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

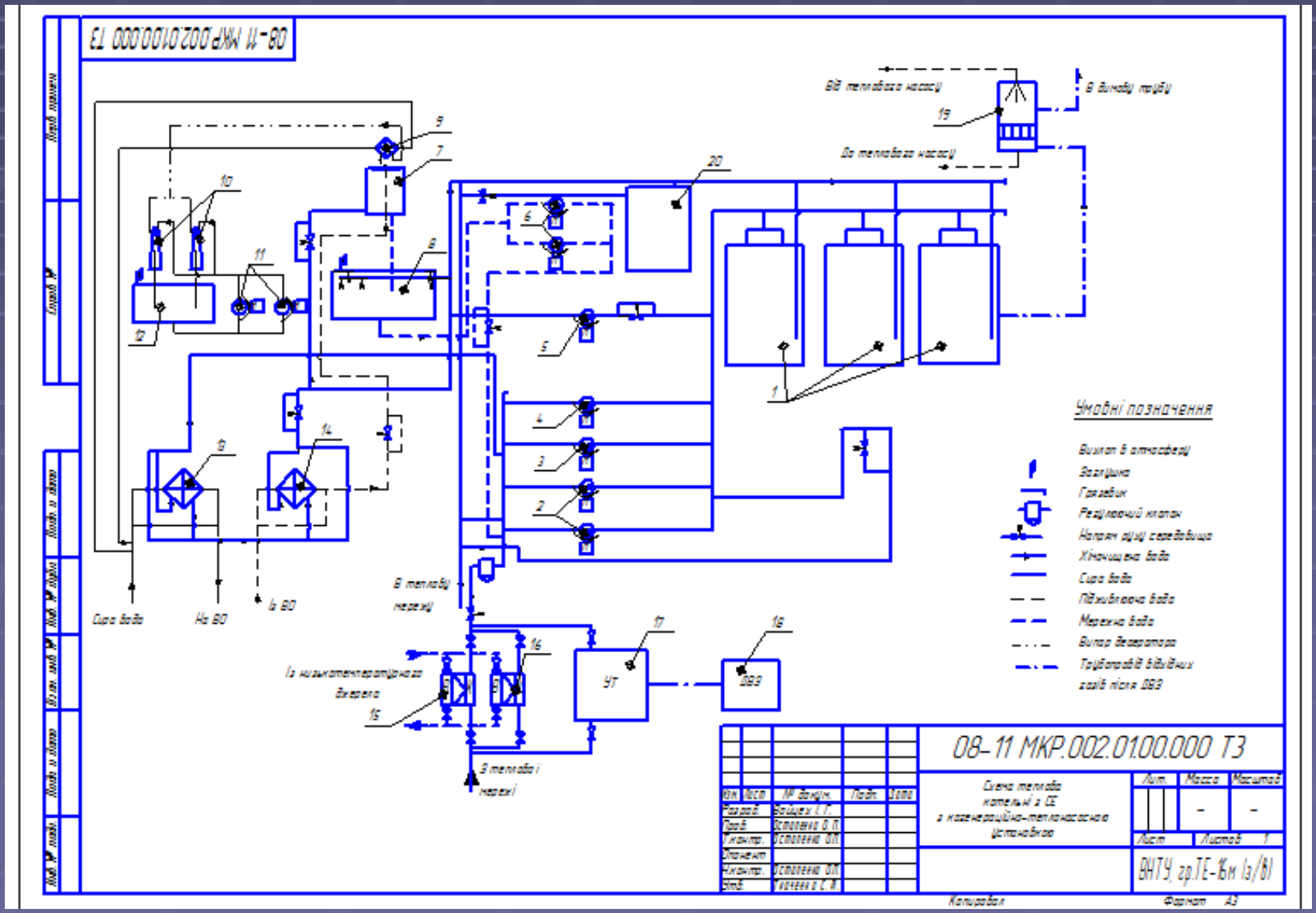


Ефективність варіантів застосування КТНУ та обґрунтування вибору найбільш ефективного варіанту

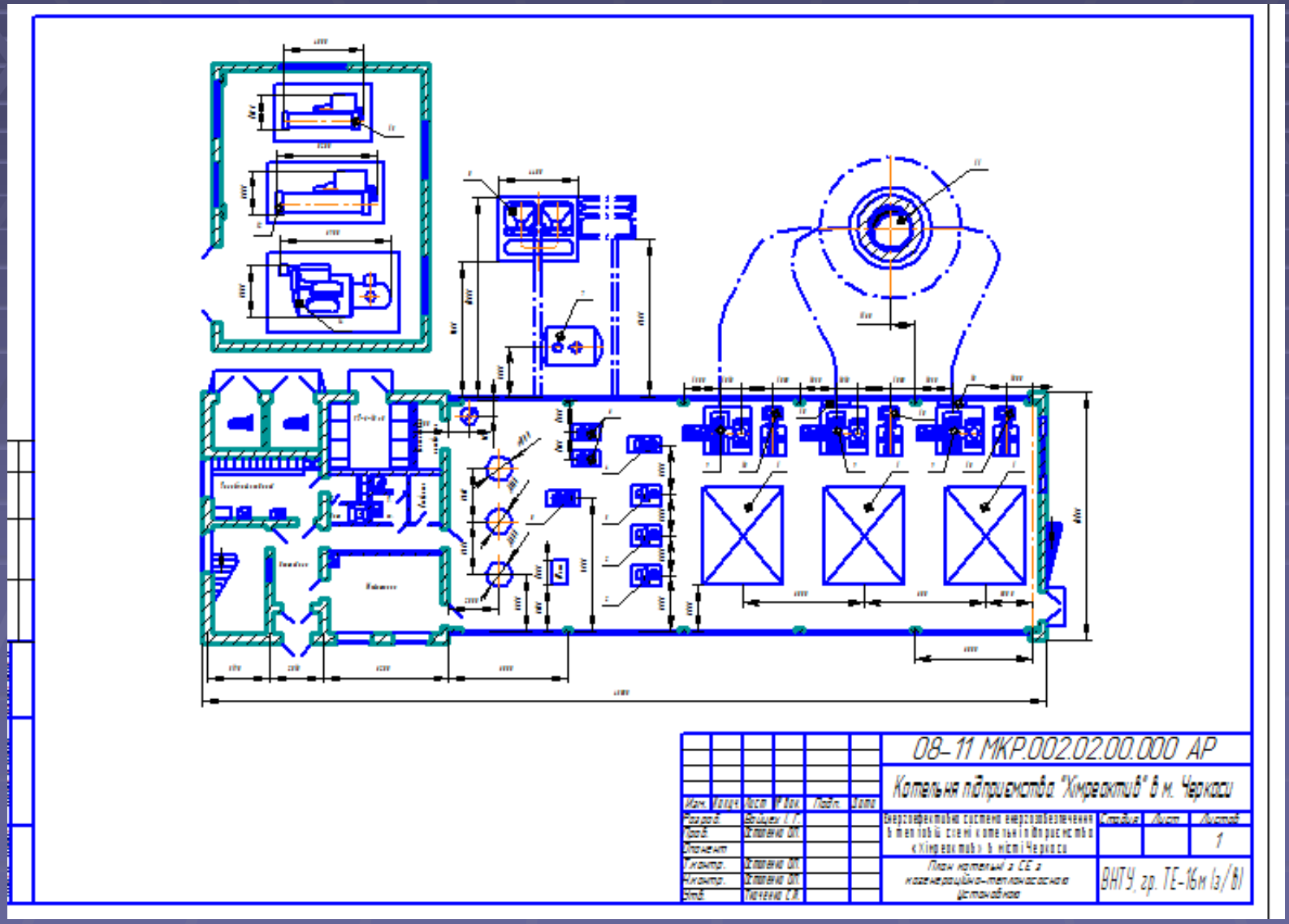
Показник	Одиниці вимірювання	Варіант застосування			
		1	2	3	4
Річна економія робочого палива	%	30	31,7	25,8	28
Температура відхідних газів	°С	71	55	113	92
Економія робочого палива	тис.м^3/рік	2733,71	2888,61	2350,99	2551,46
Кількість зекономлених коштів	млн. грн./рік	18,81	19,87	16,17	17,55

- Варіанти:
- 1– застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 85% потужності контактного утилізатора;
- 2 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 100% потужності контактного утилізатора;
- 3 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 45% потужності контактного утилізатора;
- 4 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 65% потужності контактного утилізатора.

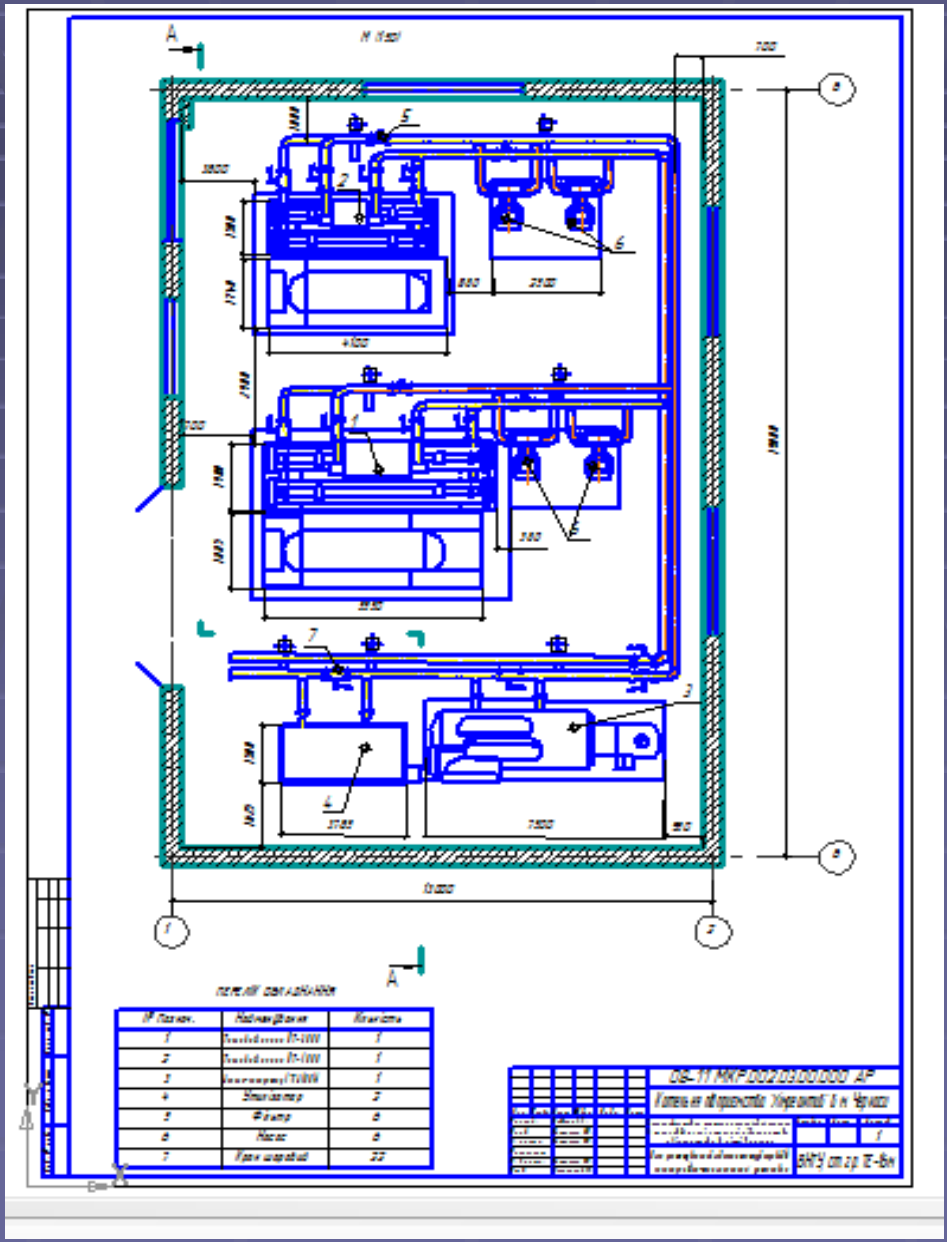
Теплова схема котельні з СЕ з КТНУ



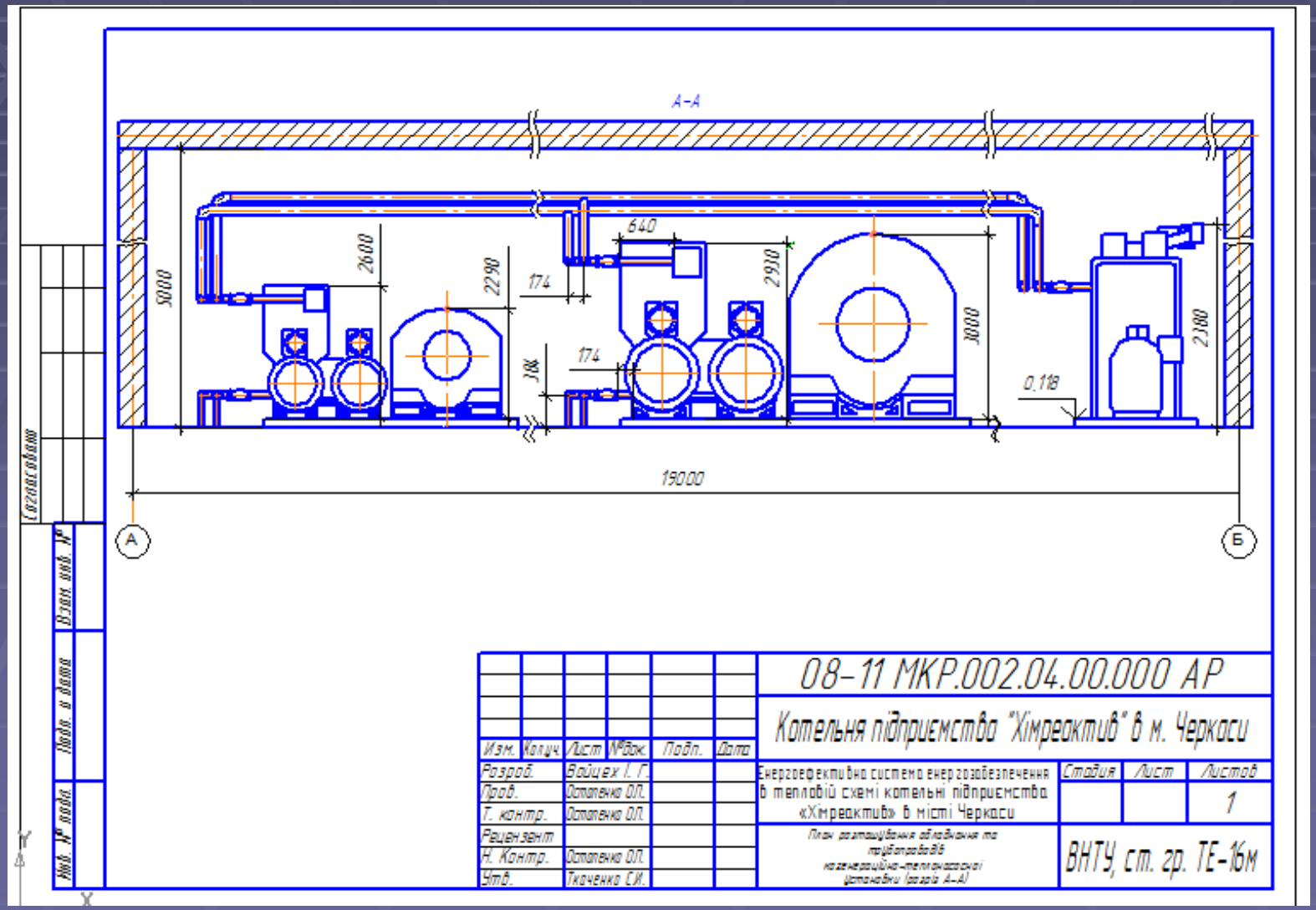
План котельні з СЕ з КТНУ



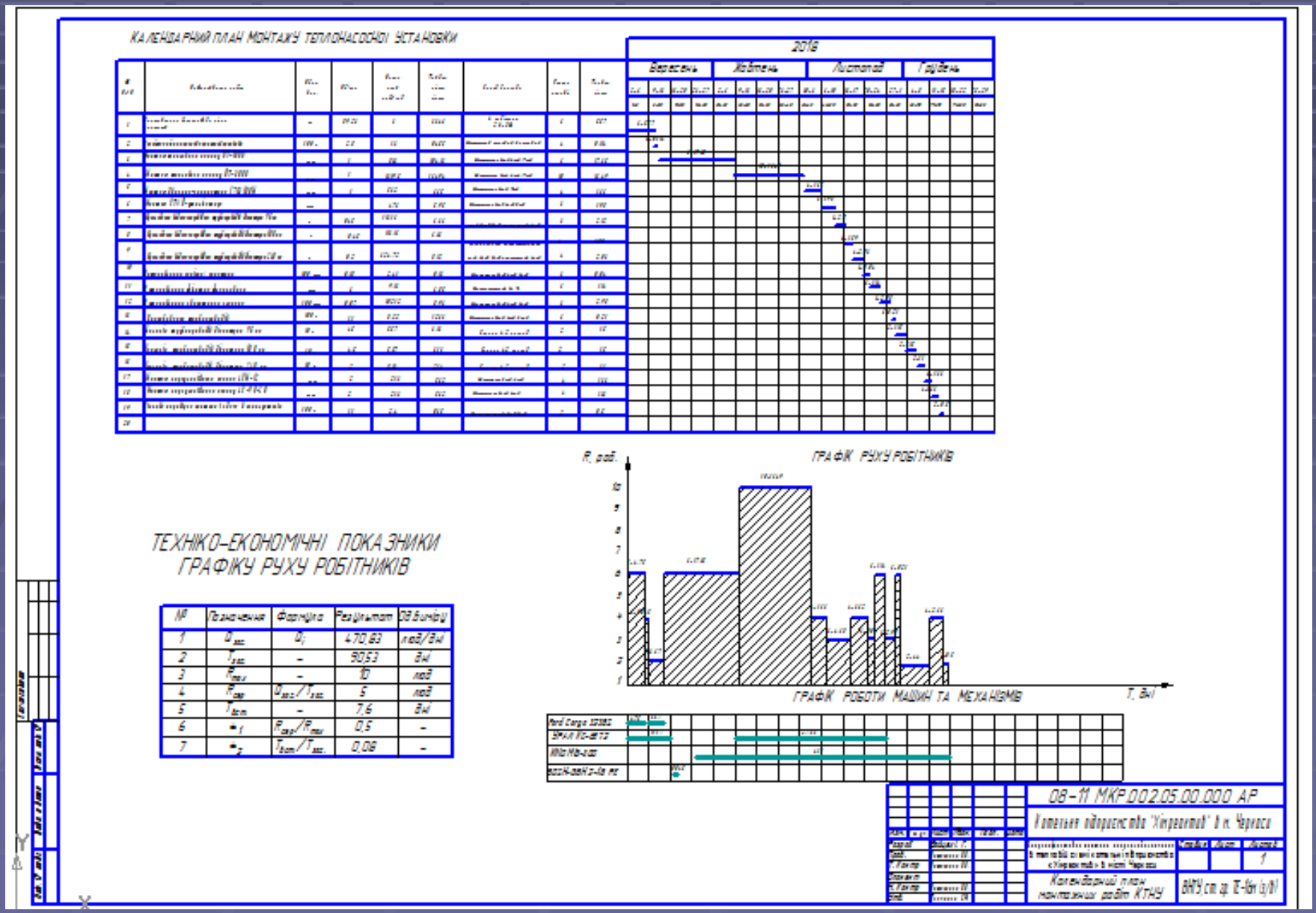
План розташування обладнання та трубопроводів КТНУ



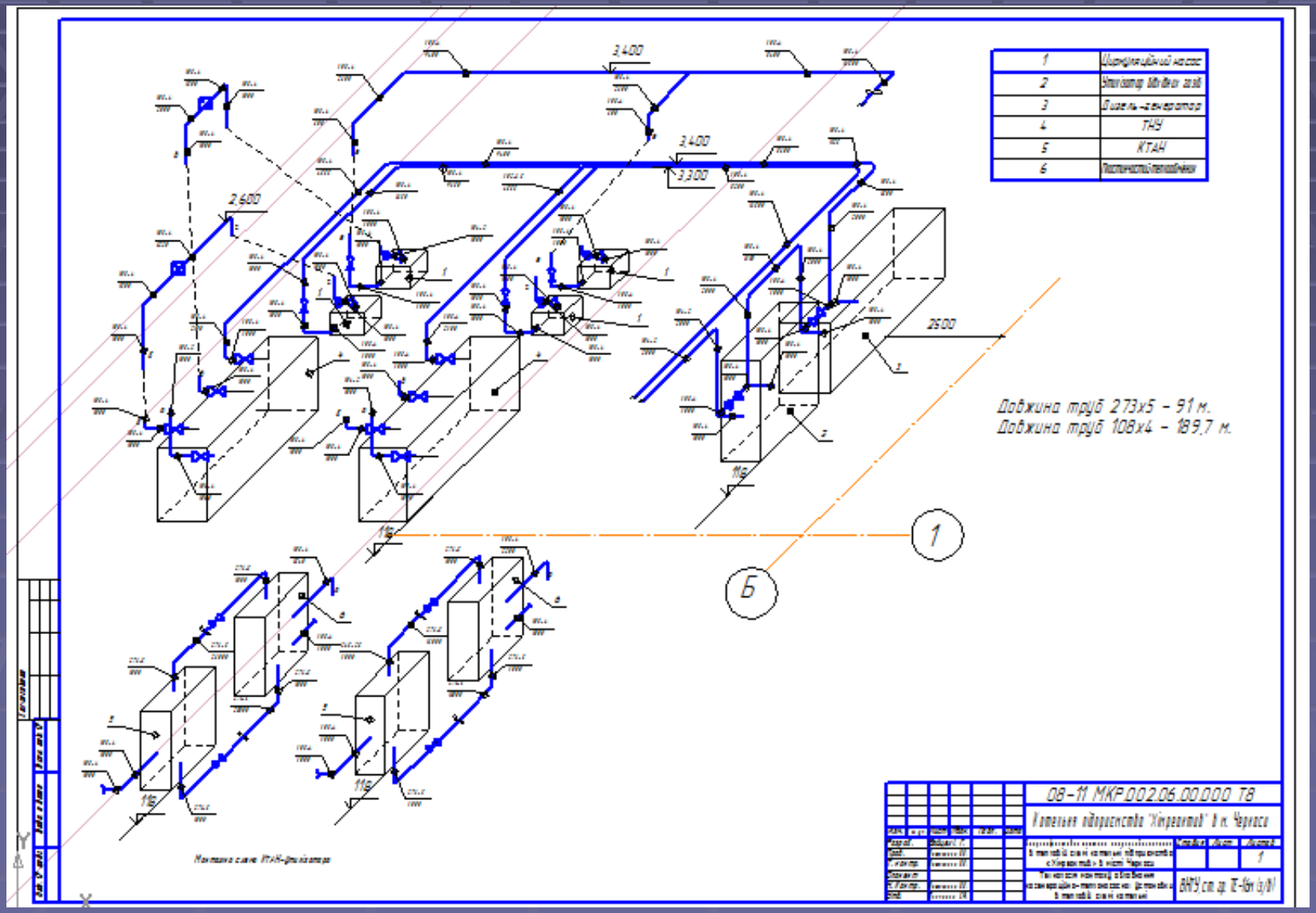
План розташування обладнання та трубопроводів КТНУ. Розріз А-А



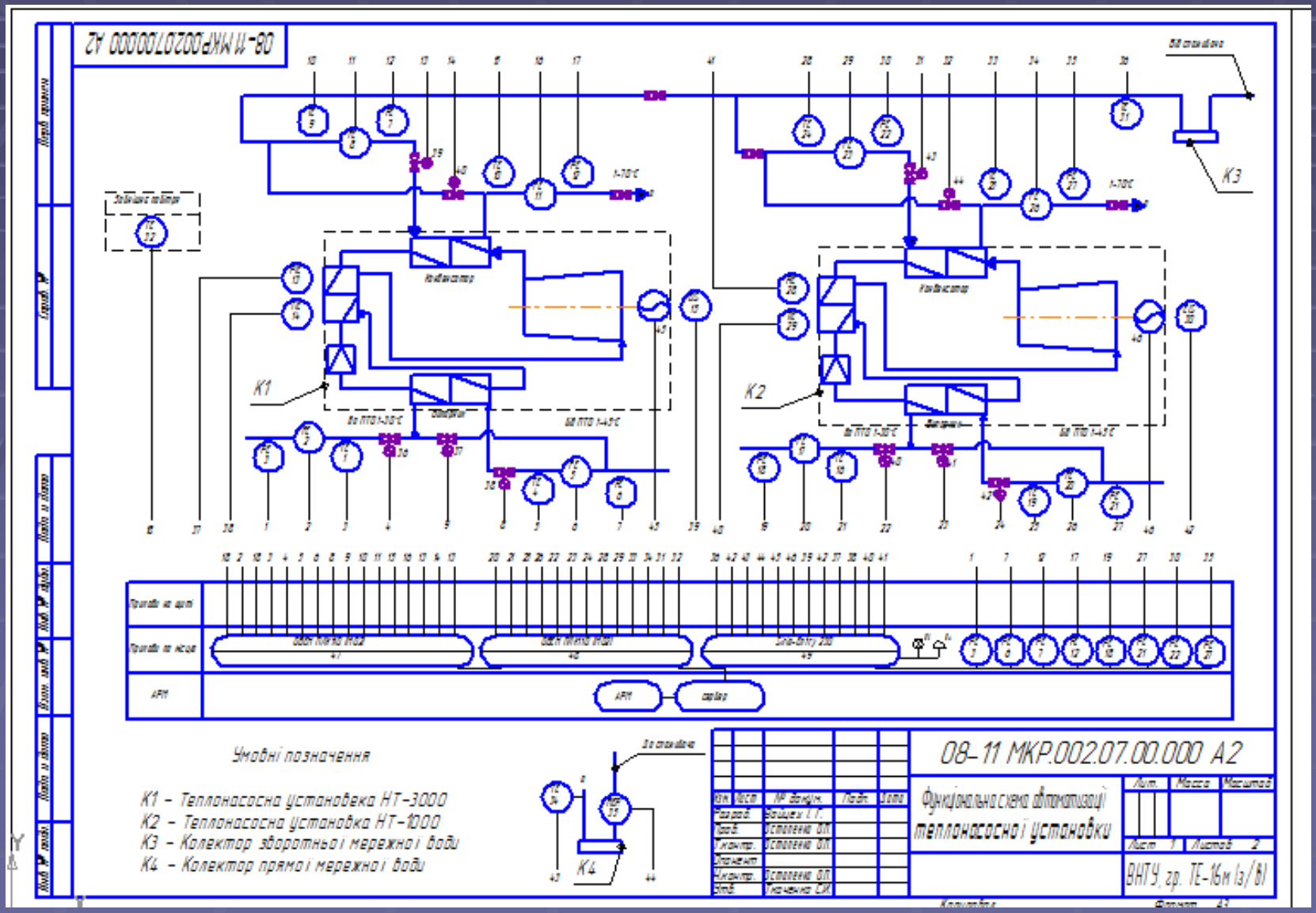
Календарний план монтажних робіт КТНУ



Технологія монтажу обладнання КТНУ



Функціональна схема автоматизації теплонасосної установки



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	9112,35	6308,86
Економія робочого палива	тис. $м^3$/рік	---	2803,49
Витрати на паливо	млн. грн./рік	81,686	56,555
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	92,505	82,773
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік	----	9,732
Капіталовкладення в нове обладнання	млн. грн.	----	23,667
Капіталовкладення в нове обладнання з урахуванням витрат на монтаж	млн. грн.	----	34,554
Термін окупності нового обладнання	років	----	3,55

Висновки

- В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» з використанням енергоефективної СЕ з КТНУ, визначення раціональних режимів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні для забезпечення теплових та електричних навантажень споживачів, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси.
- В магістерській кваліфікаційній роботі проведені дослідження з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні підприємства «Хімреактив» з використанням енергоефективної СЕ з КТНУ. Досліджено варіанти з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванняс СЕ з КТНУ (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси). Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси) із застосуванням енергоефективних СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні. Проведено дослідження, визначені енергоефективні режими та умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси). Розроблено методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси) із застосуванням енергоефективних СЕ з КТНУ.

- Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування енергоефективної СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси.
- 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 [39-40] підхід дозволив визначити область енергоекономічної ефективності теплової схеми водогрійної котельні 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 підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси.

За результатами проведених досліджень визначена область енергоекономічної роботи теплової схеми водогрійної котельні з СЕ з КТНУ потужністю понад 1 МВт, за умов мінімальної ефективності ГПД та котлів (рис. 3.1). Ця область визначена за показником енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ з формули (3.1), за умов мінімальної ефективності ГПД та пікового паливного 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 в тепловій схемі котельні передбачено встановлення двох теплових насосів ТН-1000 та ТН-3000, які працюють 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 17ГД100М, з потужністю 1600 кВт.
- За рахунок впровадження СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні підприємства «Хімреактив» в м. Черкаси забезпечується економія природного газу у $\Delta B_р$ =25,8%.
- 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 3,55 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 9,73 млн. грн./рік.