

«ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ В МІСТІ БАР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМБІНОВАНИХ КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК »

Виконав ст. гр. ТЕ-16м (з/в)

Панчук Ю. В.

Науковий керівник: к. т. н., доц.

Остапенко О. П.

- **Об'єкт дослідження** – енергоефективність теплової схеми котельні в м. Бар з комбінованою когенераційно-теплонасосною установкою (КТНУ).
- **Предметом дослідження** є процеси в елементах комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Бар, які забезпечують підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванням комбінованої когенераційно-теплонасосної установки.₂

- **Актуальність роботи.** Зважаючи на актуальність енерго- та ресурсозбереження, а також підвищення ефективності енерговикористання в системах тепlopостачання та енергозабезпечення, за останні роки питанням з дослідження енергетичної та економічної ефективності систем енергозабезпечення з комбінованими когенераційно-теплонасосними установками було присвячено низку публікацій вітчизняних та закордонних авторів, проведено низку досліджень з розробки методів оцінки енергетичної та енергоекономічної ефективності застосування комбінованих КТНУ в теплових схемах джерел енергопостачання.
- **Метою МКР** є підвищення енергоефективності теплової схеми котельні в м. Бар із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок, визначення енергоефективних режимів експлуатації теплової схеми котельні в м. Бар з комбінованою КТНУ, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Бар.

■ Завдання МКР:

- дослідити засоби з підвищення ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Бар) із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок;
- дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Бар) із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні;
- провести дослідження, визначити енергоефективні режими та умови застосування комбінованих когенераційно-теплонасосних установок в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні в місті Бар);
- розробити методичні рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні в місті Бар) із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок.

Науково-практична новизна:

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

Показники енергетичної ефективності систем енергозабезпечення з КТНУ

- частка навантаження КТНУ у складі СЕ

$$\beta = Q_{\text{КТНУ}}/Q_{\text{СЕ}}$$

- безрозмірний критерій енергетичної ефективності СЕ з КТНУ та ПДТ

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

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;

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

– відносна екологічна

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

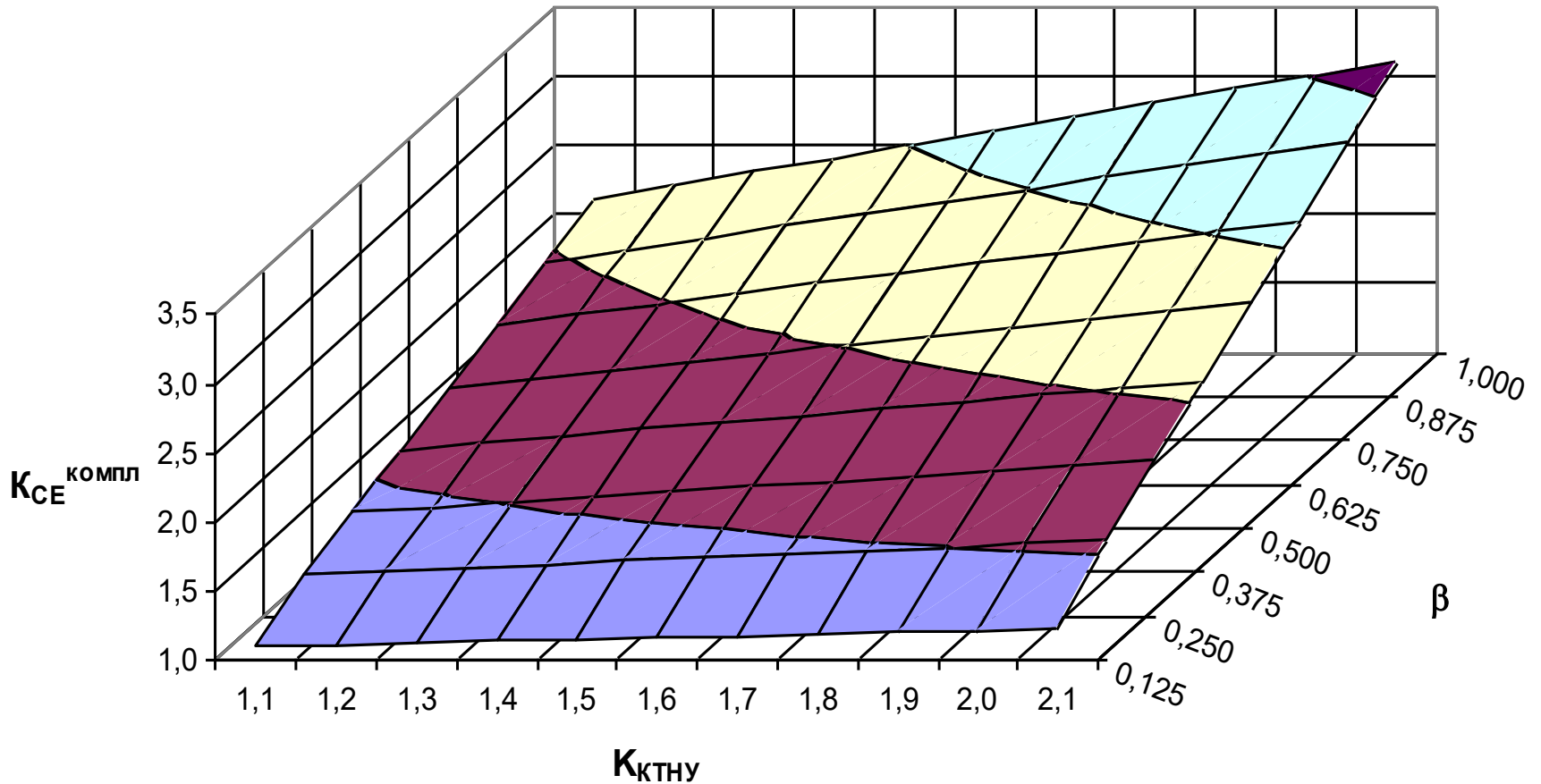
■ β – частка навантаження КТНУ у складі СЕ;

■ $\eta_{ПК}^{ПДТ}$ – безрозмірний

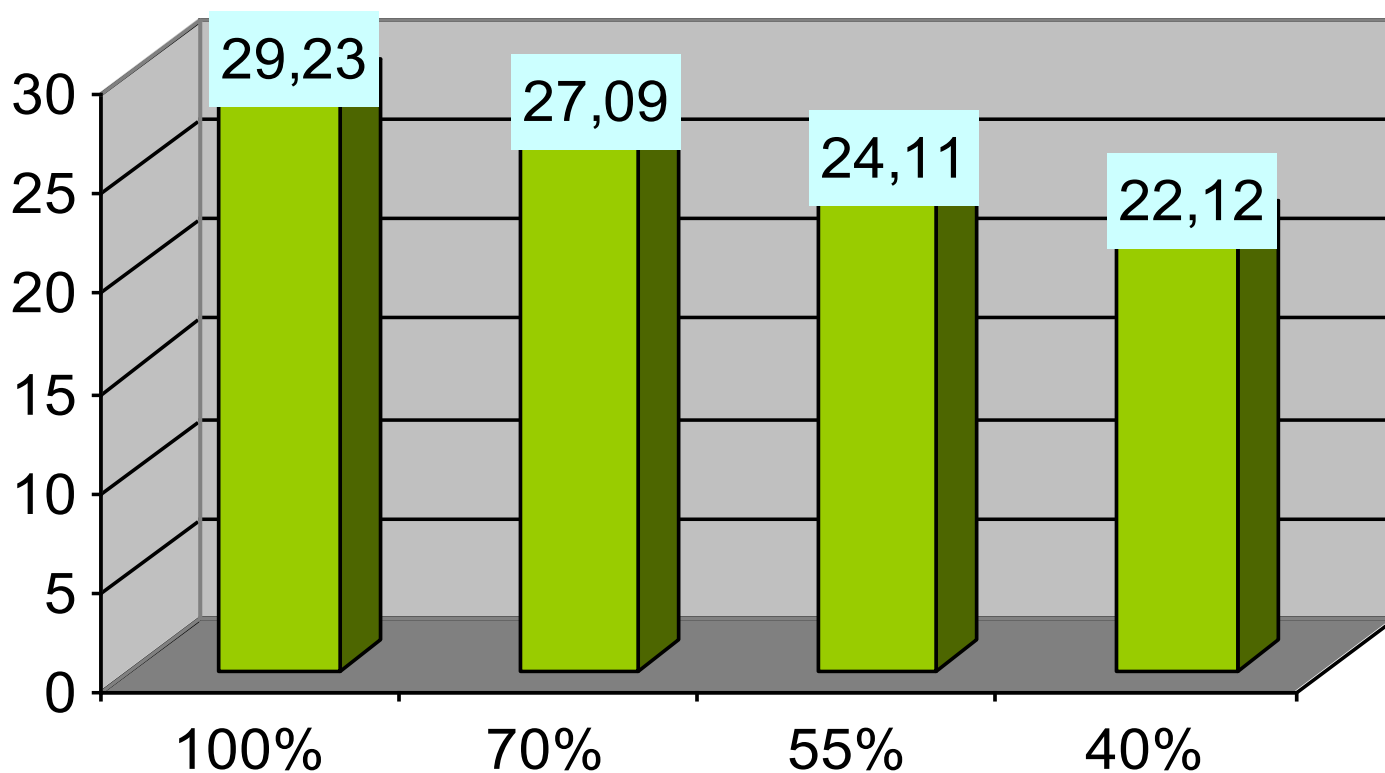
кoeffіцієнт ефективності ПДТ у складі СЕ.

$$\eta_{ПК}^{ПДТ} = Q_{ПК} / Q_{П} = \eta_{ПК}$$

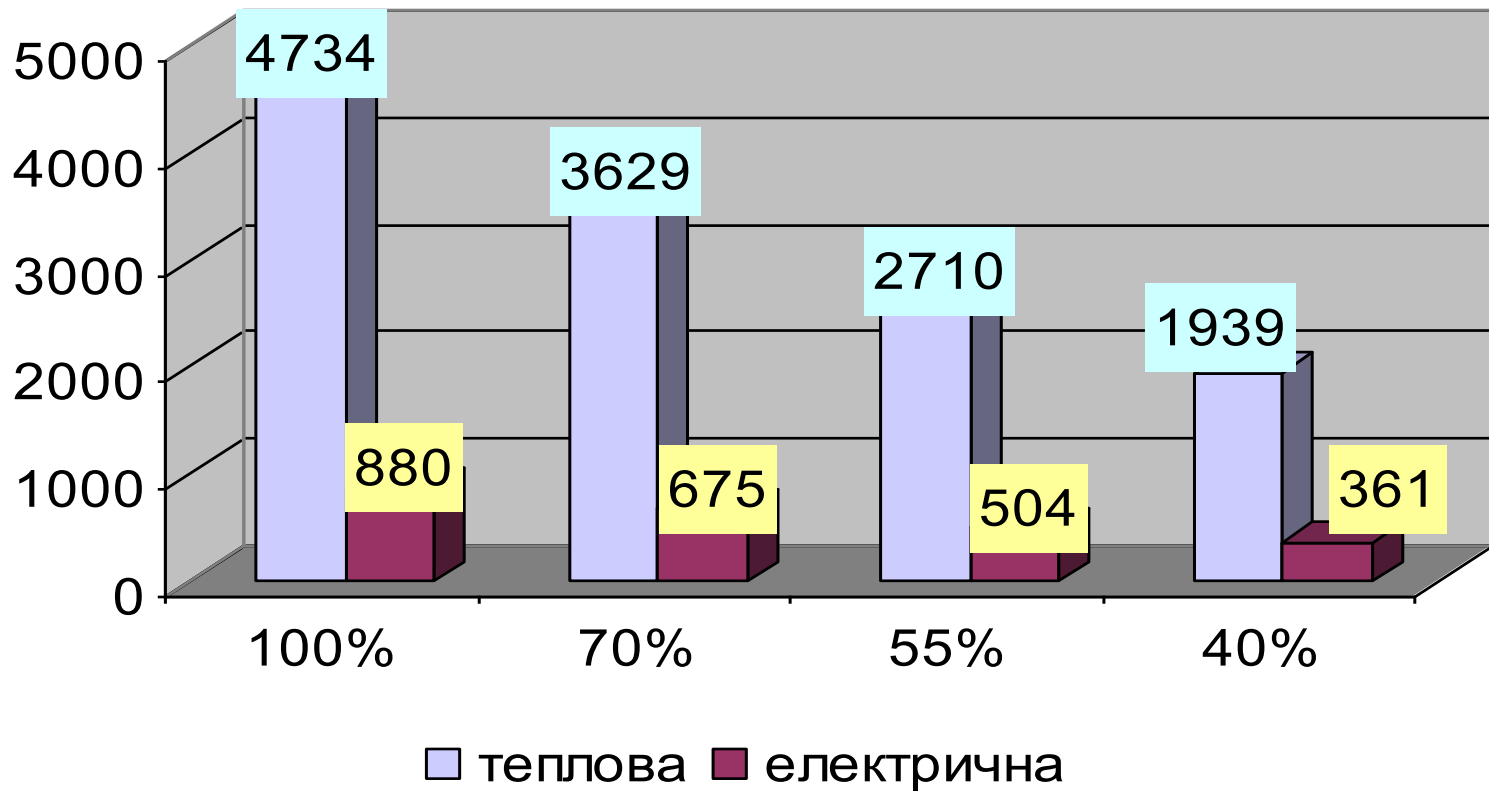
**ОБЛАСТЬ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧНОЙ ТА ЭКОЛОГИЧНО БЕЗПЕЧНОЙ РАБОТЫ
ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ВОДОГРИЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ С КОМБИНОВАННОЙ КТНУ
ПОТУЖНОСТЬЮ ПОНАД 1МВт ЗА УМОВ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭФЕКТИВНОСТИ ГПД
ТА КОТЛІВ**



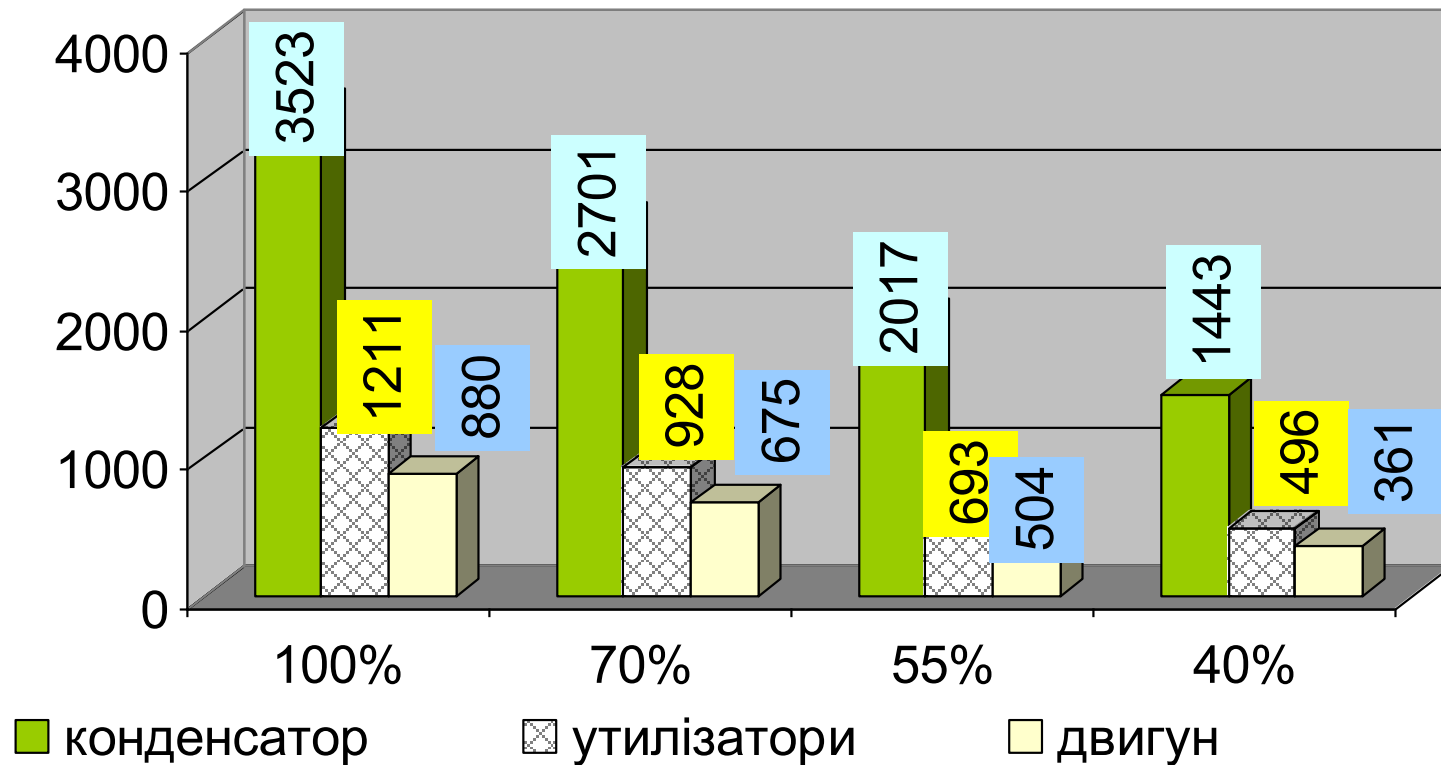
Значення економії робочого палива від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, %



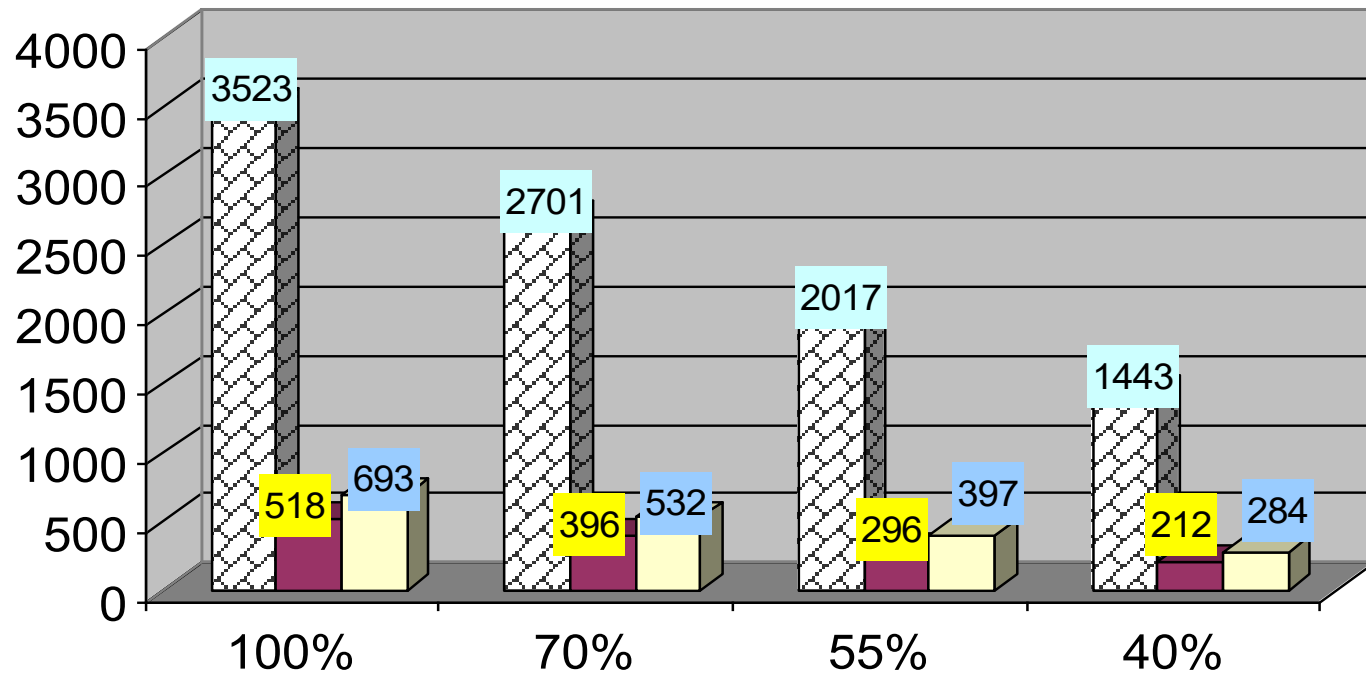
Значення теплової та електричної потужностей КТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



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

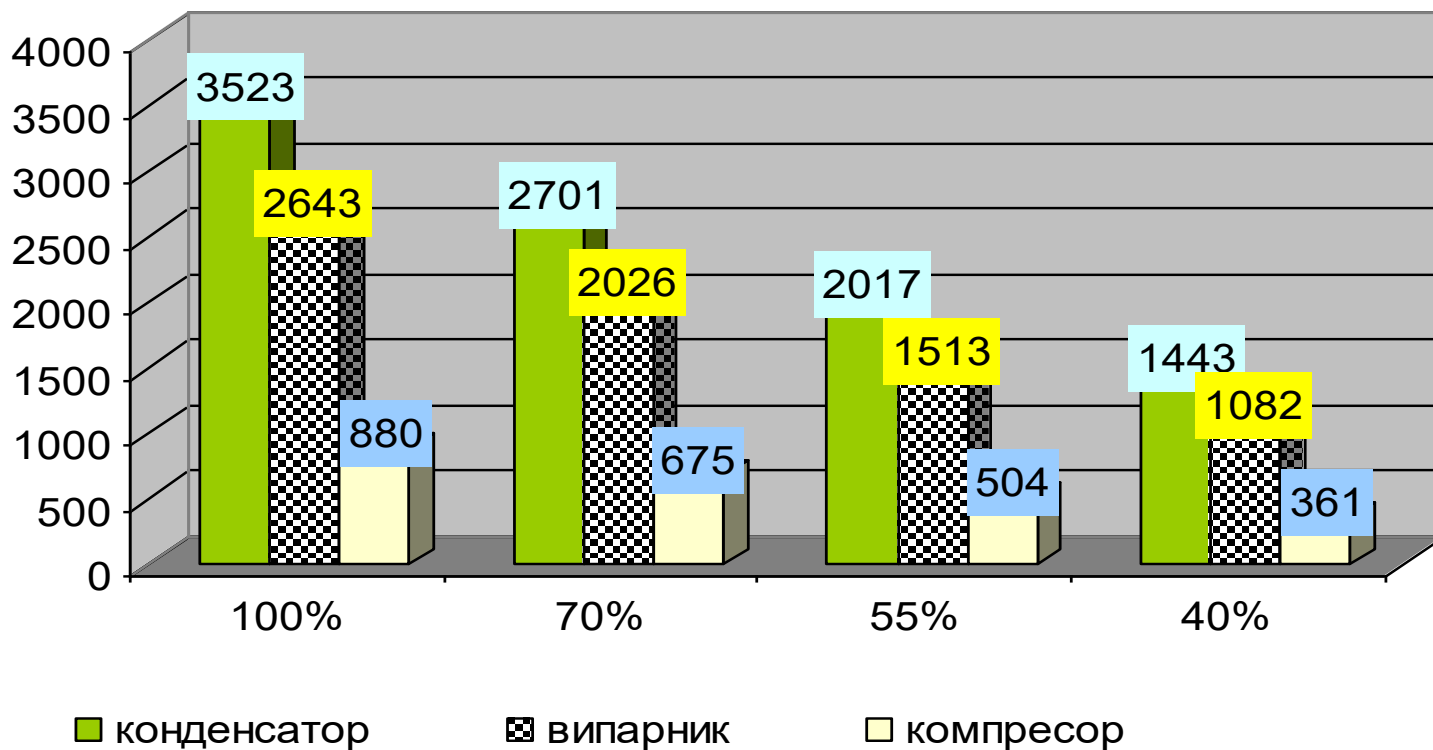


Значення теплових потужностей конденсатора ТНУ, системи охолодження та утилізаторів КТНУ в залежності від частки використання потужності контактного утилізатора, кВт

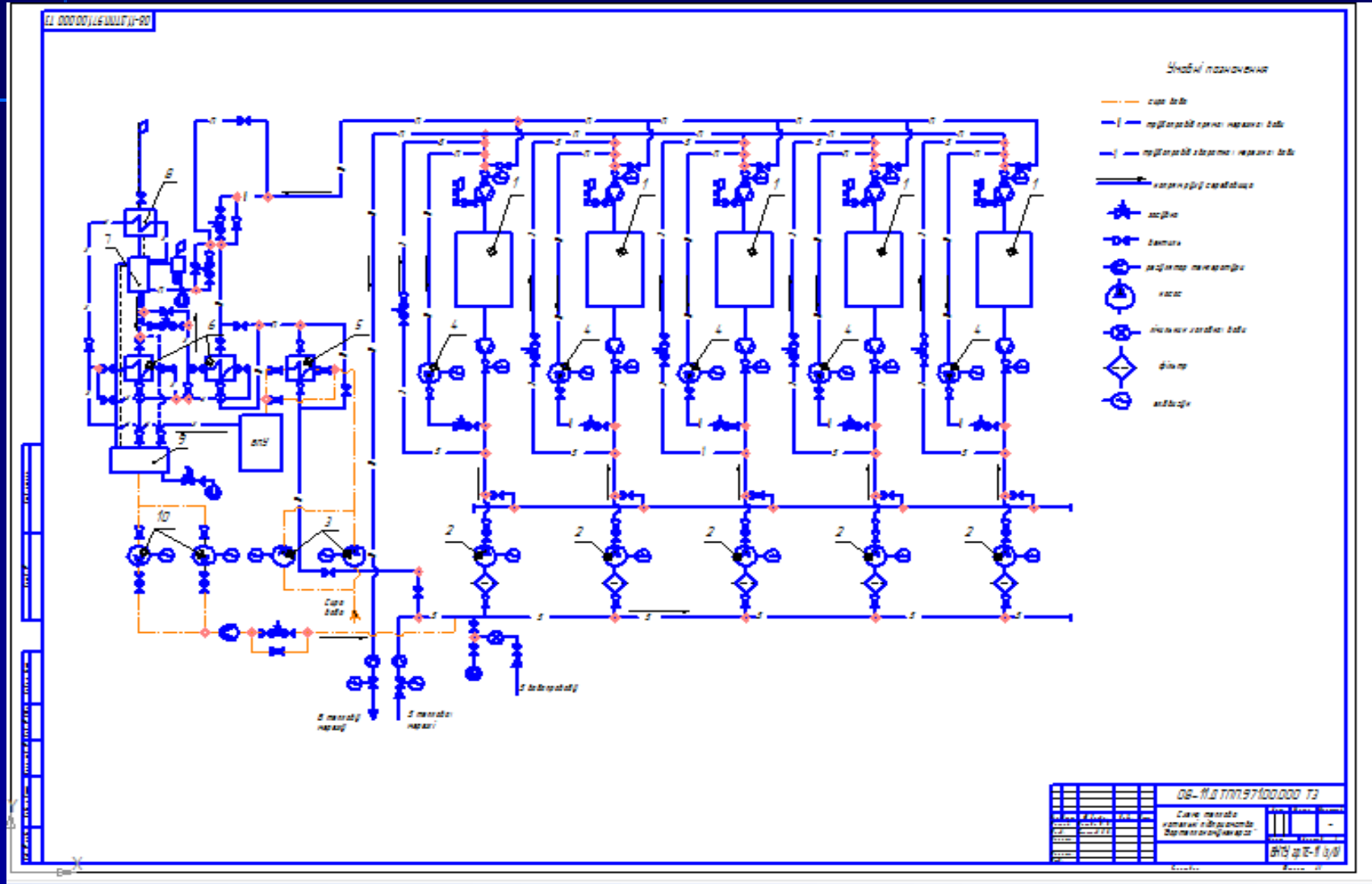


▨ конденс. ■ система охолодж. ■ утил. тепл. відх. газів

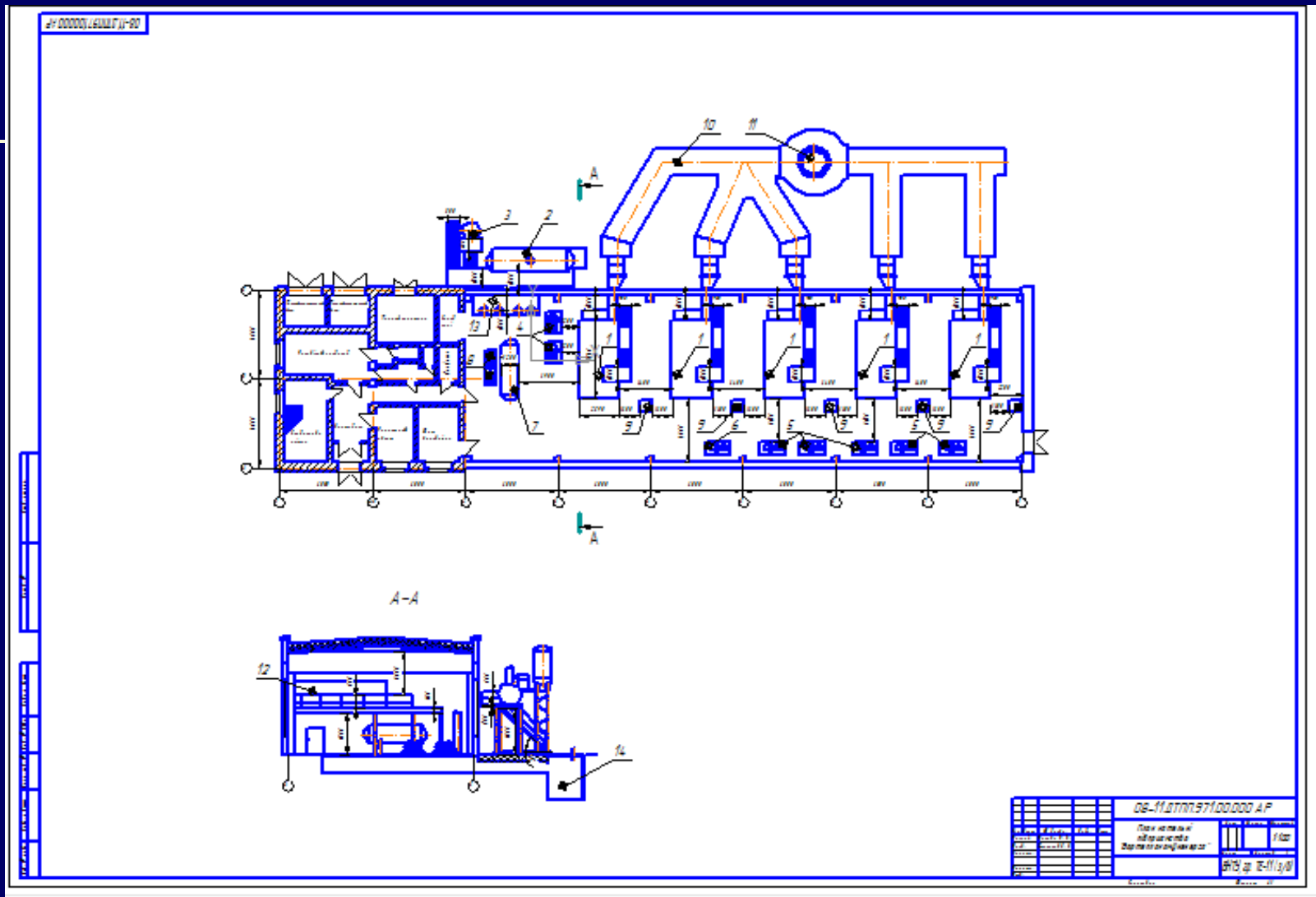
Значення потужностей конденсатора, випарника та компресора ТНУ в залежності частки використання потужності контактного утилізатора, кВт



Теплова схема опалювальної водогрійної котельні в м. Бар



План опалювальної водогрійної котельні в м. Бар



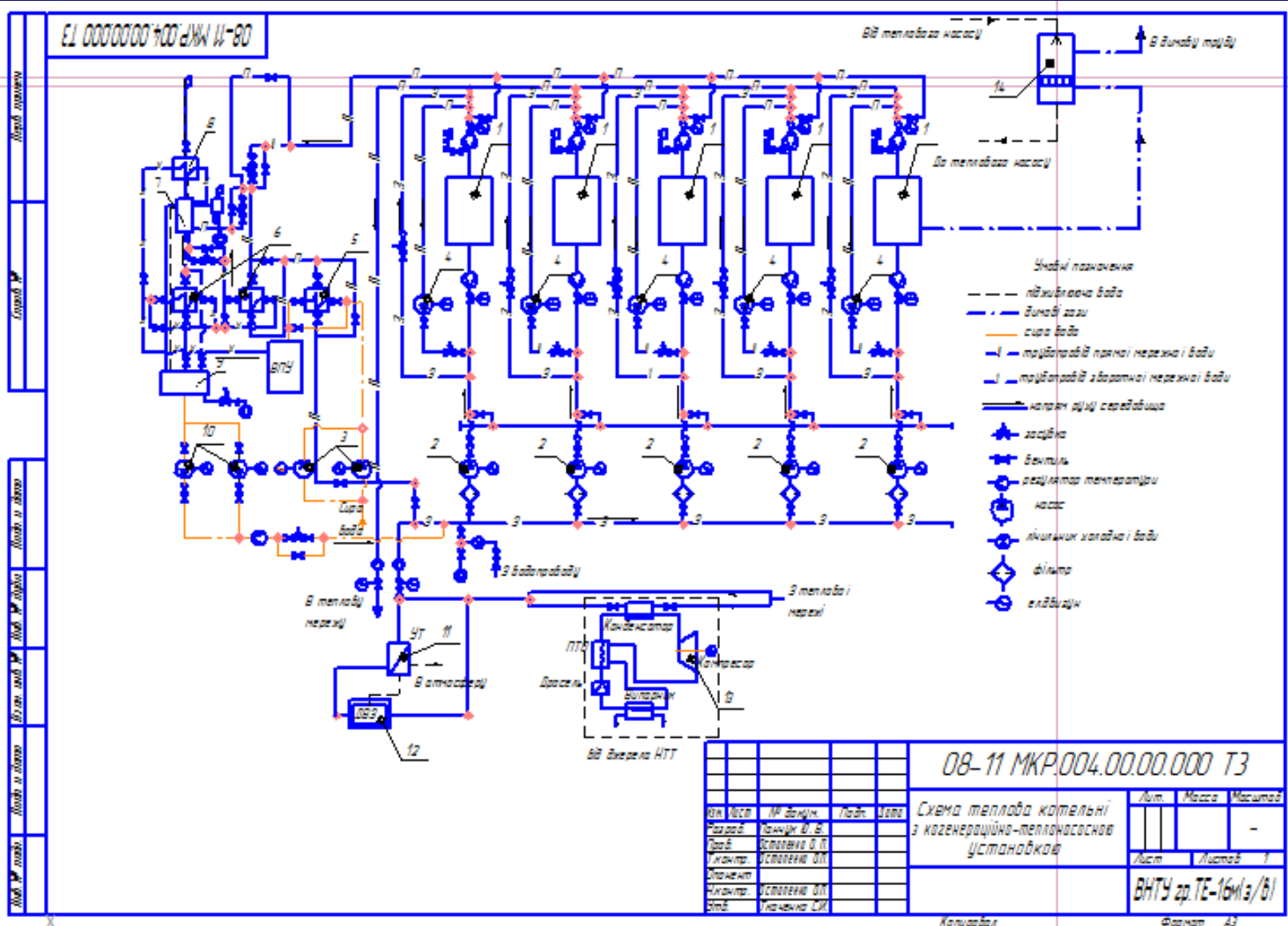
Ефективність варіантів застосування КТНУ та обґрунтування вибору найбільш ефективного варіанту

Показник	Одиниці вимірювання	Варіант застосування			
		1	2	3	4
Річна економія робочого палива	%	29,23	27,09	24,11	22,12
Температура відхідних газів	°C	55	70,75	102,25	118
Економія робочого палива	тис.м ³ /рік	2243,31	2079,07	1850,37	1697,64
Кількість зекономлених коштів	млн. грн./рік	15,43	14,30	12,73	11,68

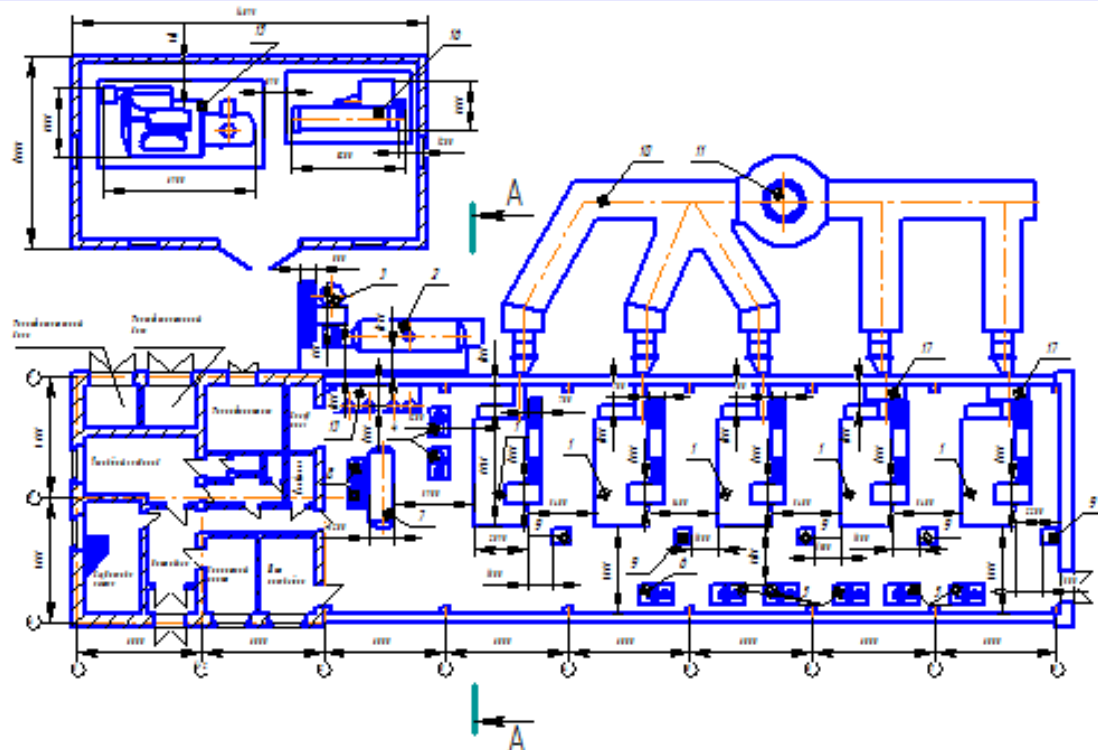
■ Варіанти:

- 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 70% потужності контактного утилізатора;
- 3 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 55% потужності контактного утилізатора;
- 4 – застосування КТНУ в тепловій схемі для роботи в двох сезонах з використанням 40% потужності контактного утилізатора..

Теплова схема котельні з КТНУ



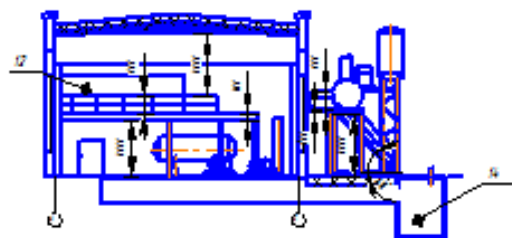
План котельні з КТНУ



Експлікація обладнання

Позначка	Найменування	Кількість	Примітка
1	Котелі інтегровані КТНУ-20-050	2	
2	Захисні клапани КТ-1	1	
3	Розподільний бак	1	
4	Термомісний вентиль ТР-10-00	2	
5	Паровий вентиль ПВ-2	2	
6	Розподільний вентиль РВ-40	1	
7	Вентиль запірний	1	
8	Вентиль запірний ВЗ-20-10	2	
9	Шпур укладений горизонтально	2	
10	Труба	1	
11	Синдикатний	1	
12	Термомісний вентиль	1	
13	Вентиль інтегрований	1	
14	Захисний клапан	1	
15	Термомісний вентиль ТМ-0001	1	
16	Вентиль запірний ВЗ-000	1	
17	Вентиль запірний ВЗ-000	2	

A-A



М.п.	М.п.	М.п.	М.п.	М.п.	М.п.
Розробив	Корчак В. В.				
Начальник	Степанів О. І.				
Т. намір	Степанів О. І.				
Ділянка					
Н. намір	Степанів О. І.				
Вибірник	Корчак В. В.				

08-11 МКР.004.00.00.000 АР

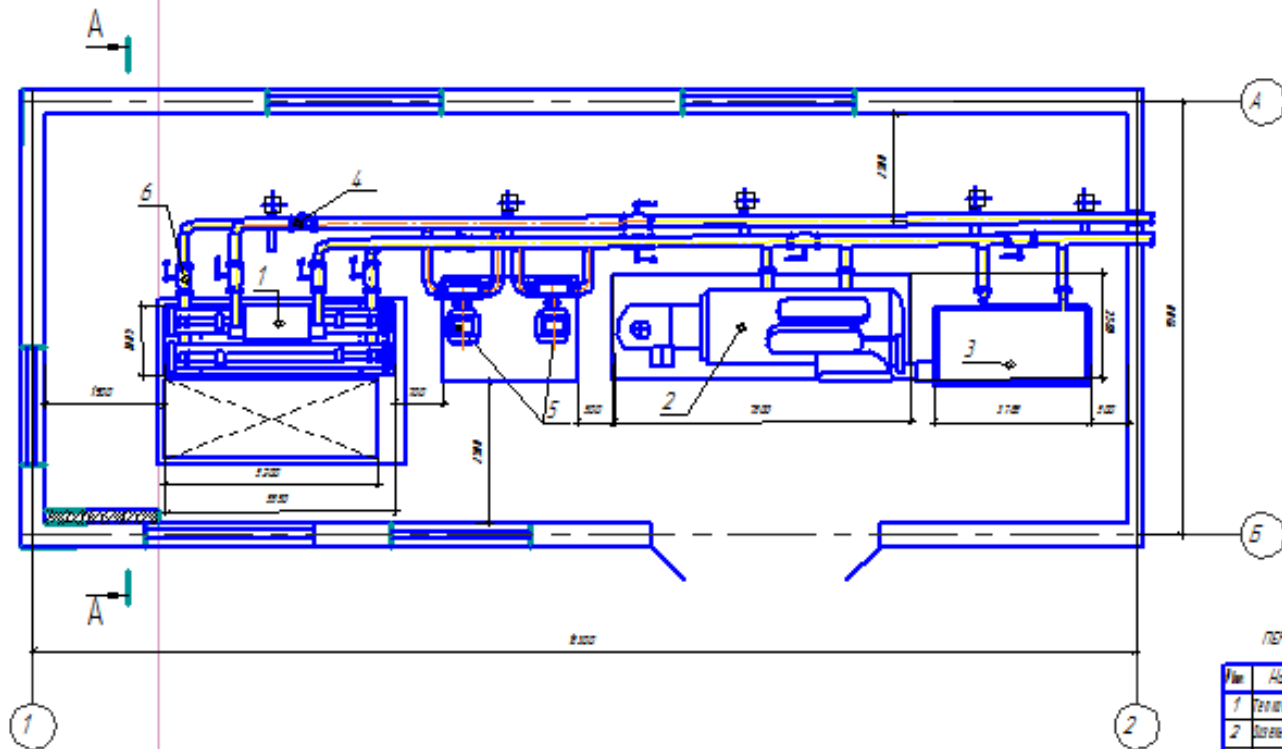
Котельня в м. Бар

Виконавчий інженер: [підпис]
 з координатами встановлення
 котельні-теплової установки

План котельні
 з координатами-теплової установки

Листів 1
 ВНТУ, зр. ТЕ-16м (з/в)

План розташування обладнання та трубопроводів КТНУ

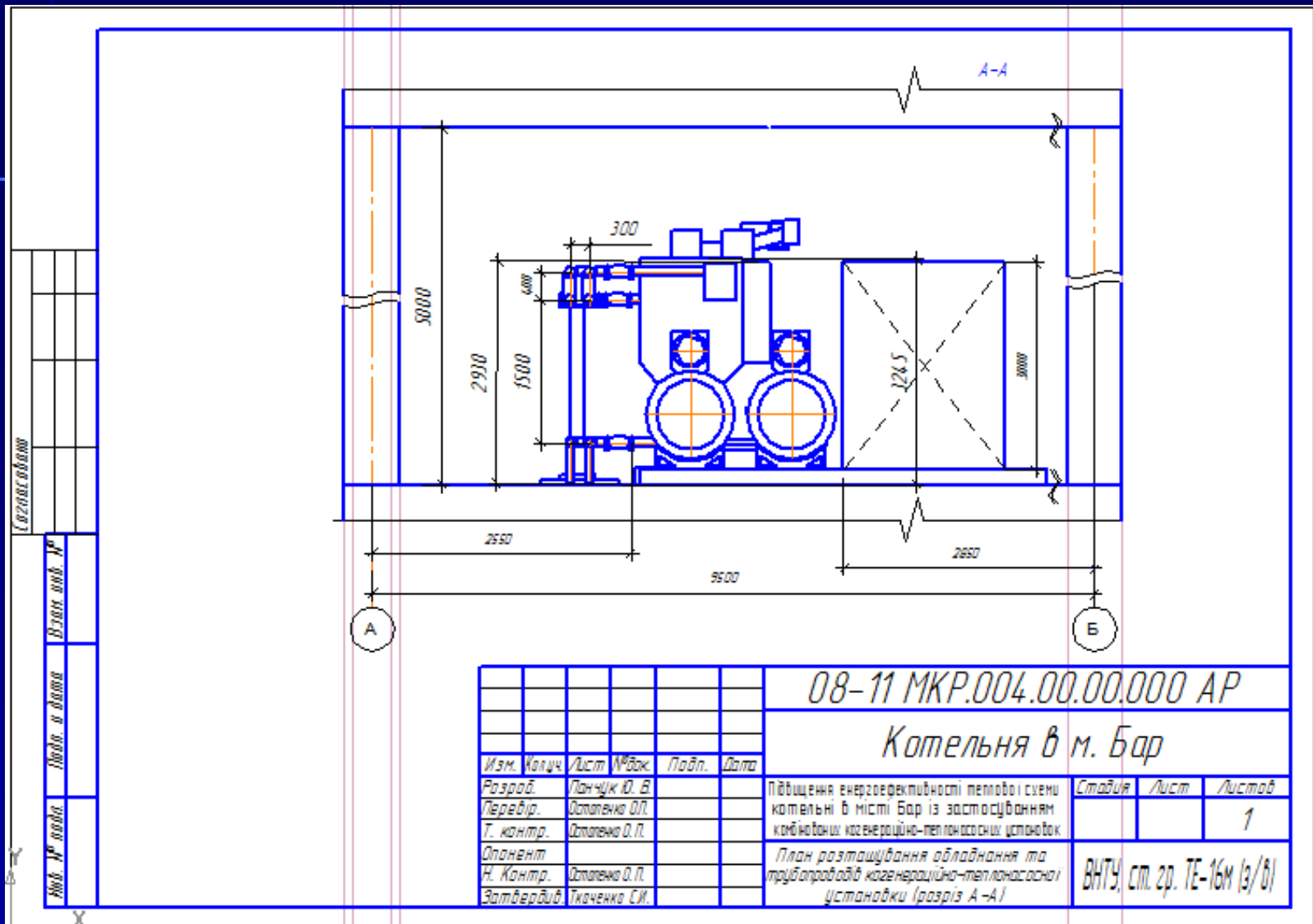


ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ

№п/п	Найменування	Кількість
1	Тепловий насос НТ-1000	1
2	Попель-запарувальник	1
3	Ступінчаста	1
4	Фільтр	6
5	Насос	4
6	Кран шаровий	22

08-11 МКР.004.0000.000 АР			
Котельня в м. Бар			
№п/п	Код	Назва	Кількість
1	08-11	Котельня в м. Бар	1
2	08-11	Котельня в м. Бар	1
3	08-11	Котельня в м. Бар	1
4	08-11	Котельня в м. Бар	1
5	08-11	Котельня в м. Бар	1
6	08-11	Котельня в м. Бар	1
7	08-11	Котельня в м. Бар	1
8	08-11	Котельня в м. Бар	1
9	08-11	Котельня в м. Бар	1
10	08-11	Котельня в м. Бар	1
11	08-11	Котельня в м. Бар	1
12	08-11	Котельня в м. Бар	1
13	08-11	Котельня в м. Бар	1
14	08-11	Котельня в м. Бар	1
15	08-11	Котельня в м. Бар	1
16	08-11	Котельня в м. Бар	1
17	08-11	Котельня в м. Бар	1
18	08-11	Котельня в м. Бар	1
19	08-11	Котельня в м. Бар	1
20	08-11	Котельня в м. Бар	1
21	08-11	Котельня в м. Бар	1
22	08-11	Котельня в м. Бар	1

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



Согласовано

№ п/п	№ листа	Дата	Визначено

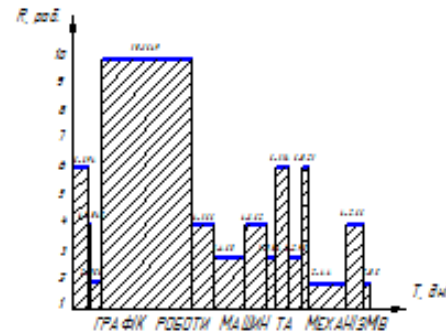
08-11 МКР.004.00.00.000 АР										
Котельня в м. Бар										
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Підвищення енергоефективності теплової схеми котельні в місті Бар із застосуванням комбінованих когенераційно-теплонасосних установок	Стаття	Лист	Листов	
Розроб.	Панчук Ю. В.									1
Перевір.	Остапенко О.П.									
Т. контр.	Остапенко О.П.									
ОпONENT						План розташування обладнання та трубопроводів когенераційно-теплонасосної установки (розріз А-А)	ВНТУ, ст. зр. ТЕ-16М (з/б)			
Н. Контр.	Остапенко О.П.									
Затвердив	Ткаченко С.К.									

Календарний план монтажних робіт КТНУ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ ТЕПЛОНОСИЧОЇ УСТАНОВКИ

№	Назва роботи	Код	Вис.	Об'єм	Площа	Тривалість	2016												
							Вересень			Жовтень			Листопад			Грудень			
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Розробка проекту		10.2	1	22.00														
2	Замовлення матеріалів	00	20	12	8.00														
3	Доставка матеріалів на об'єкт		20.00	1	10														
4	Виконання робіт по монтажу	00	1	100.0	20.00														
5	Виконання робіт по прокладці труб	00	1	100.0	20.00														
6	Виконання робіт по монтажу котла	00	1	100.0	20.00														
7	Виконання робіт по монтажу насосів	00	1	100.0	20.00														
8	Виконання робіт по монтажу електрики	00	1	100.0	20.00														
9	Виконання робіт по монтажу трубопроводів	00	1	100.0	20.00														
10	Виконання робіт по монтажу систем опалення	00	1	100.0	20.00														
11	Виконання робіт по монтажу систем водопостачання	00	1	100.0	20.00														
12	Виконання робіт по монтажу систем вентиляції	00	1	100.0	20.00														
13	Виконання робіт по монтажу систем кондиціонування	00	1	100.0	20.00														
14	Виконання робіт по монтажу систем сигналізації	00	1	100.0	20.00														
15	Виконання робіт по монтажу систем охорони	00	1	100.0	20.00														

ГРАФІК РУХУ РОБИТНИКІВ



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ
ГРАФІКУ РУХУ РОБИТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Одиниця
1	$Q_{пл}$	Q_i	259.61	кВт/Вт
2	$T_{пл}$	-	42.93	дні
3	$R_{пл}$	-	10	кВт
4	$R_{пл}$	$Q_{пл}/T_{пл}$	6	кВт
5	$T_{пл}$	-	7.6	дні
6	μ_1	$R_{пл}/R_{пл}$	0.5	-
7	μ_2	$T_{пл}/T_{пл}$	0.08	-

Назва	Код	Вис.	Об'єм	Площа	Тривалість
08-11 МКР.004.0000.000 АР					
Котельня в м. Бар					
08-11 МКР.004.0000.000 АР					
Котельня в м. Бар					
08-11 МКР.004.0000.000 АР					
Котельня в м. Бар					
08-11 МКР.004.0000.000 АР					
Котельня в м. Бар					

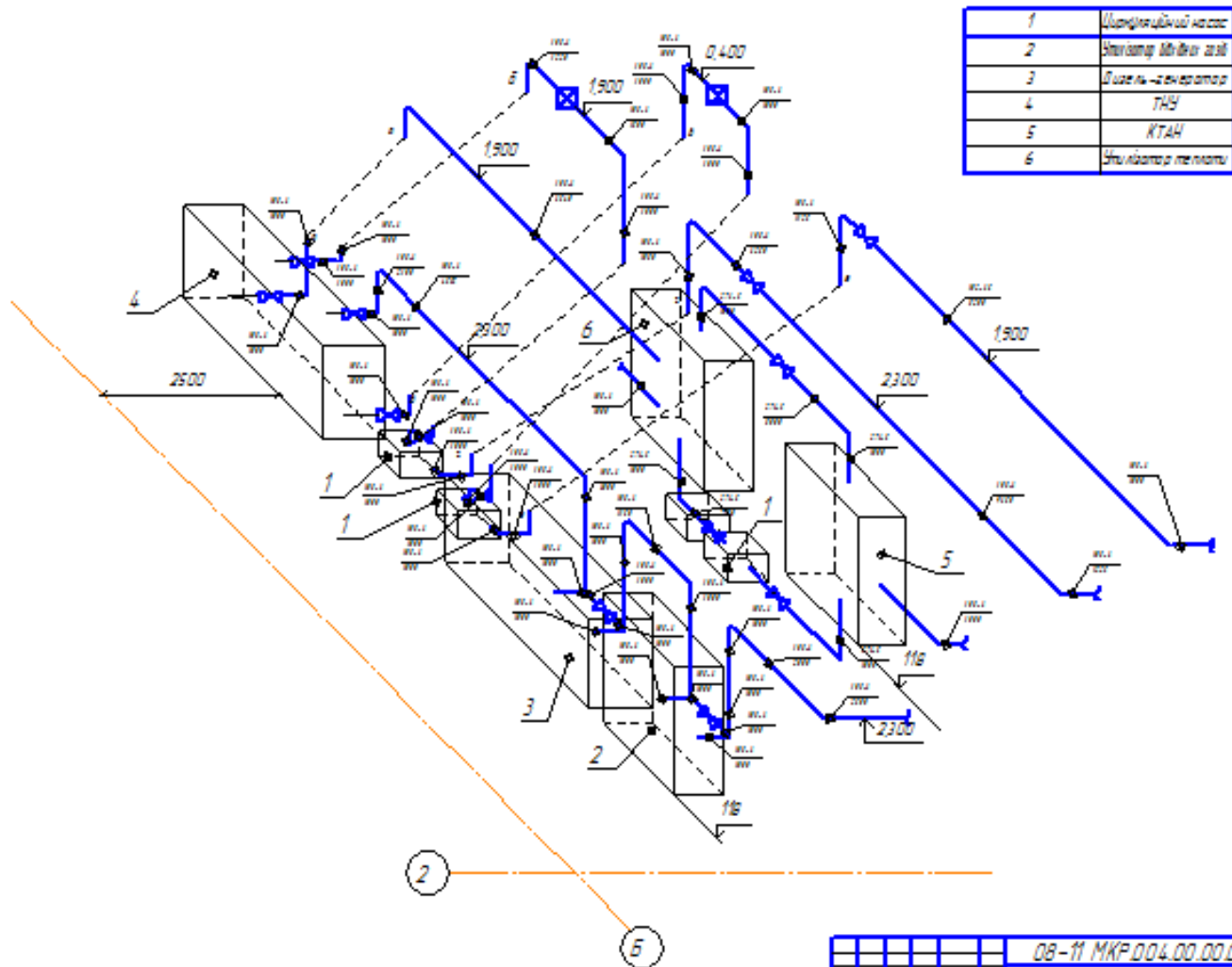
08-11 МКР.004.0000.000 АР

Котельня в м. Бар

Календарний план
монтажних робіт КТНУ

КТНУ, см. д. 1-10 (з/п)

Технологія монтажу обладнання КТНУ

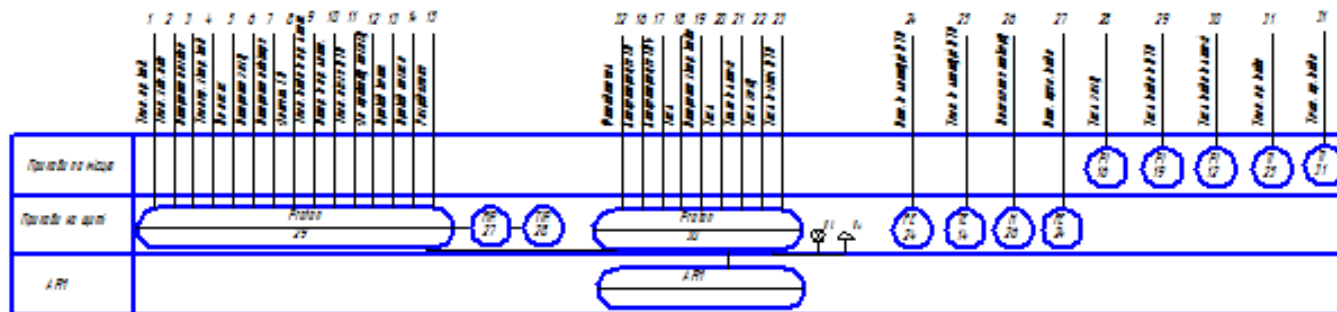
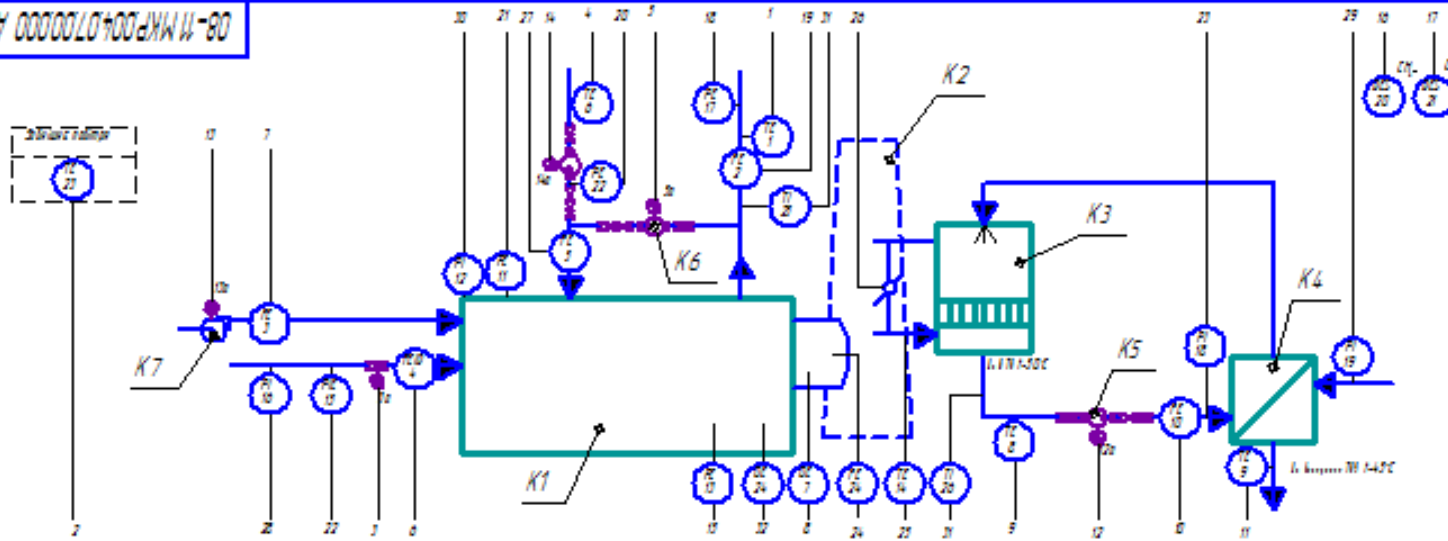


1	Школярський клас
2	Школа Мідер зал
3	Диспетчерський кабінет
4	ТНУ
5	КТАН
6	Школа котельня

				08-11 МКР.004.00.00.00 Т8			
				Котельня в м. Бор			
№	конт.	конт.	конт.	конт.	конт.	конт.	конт.
1	2	3	4	5	6	7	8
				ВНУ см. ар. 12-401 (у/л)			

Функціональна схема АВТОМАТИЗАЦІЇ КОТЕЛЬНИ З КТНУ

08-11 МКР.004.07.00.000 А2



Знакні позначення

- K1 - Котел водонагрівний
- K2 - Димова труба
- K3 - Теплообмінник-циркулятор
- K4 - Прямий теплообмінник
- K5 - Насос протитискової контури
- K6 - Насос реакційний
- K7 - Вентилятор буртовий

№ п/п	№ докум.	Лист	Зміст
1	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	1	Функціональна схема автоматизації котельні з КТНУ
2	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	2	Термінал
3	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	3	Термінал
4	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	4	Термінал
5	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	5	Термінал
6	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	6	Термінал
7	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	7	Термінал
8	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	8	Термінал
9	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	9	Термінал
10	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	10	Термінал
11	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	11	Термінал
12	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	12	Термінал
13	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	13	Термінал
14	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	14	Термінал
15	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	15	Термінал
16	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	16	Термінал
17	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	17	Термінал
18	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	18	Термінал
19	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	19	Термінал
20	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	20	Термінал
21	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	21	Термінал
22	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	22	Термінал
23	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	23	Термінал
24	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	24	Термінал
25	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	25	Термінал
26	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	26	Термінал
27	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	27	Термінал
28	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	28	Термінал
29	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	29	Термінал
30	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	30	Термінал
31	08-11 МКР.004.07.00.000 А2	31	Термінал

08-11 МКР.004.07.00.000 А2

Функціональна схема автоматизації котельні з КТНУ

Лист	Маса	Масштаб
1		2

ВНТУ, зр. ТЕ-16м (з/в)

Котельня

Формат А3

ПОРІВНЯННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант теплової схеми Котельні	Модернізована тепла схема з комбінованою КТНУ
Витрата робочого палива	тис. м ³ /рік	7674,68	5764,03
Економія робочого палива	тис. м ³ /рік	---	1910,65
Витрати на паливо	млн. грн./рік	68,799	51,671
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	78,153	71,736
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік	----	6,417
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	----	3,8

Висновки

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

- Дослідження проведено методом числового експерименту та оцінено енергоефективність теплової схеми котельні в м. Бар з комбінованою КТНУ. Енергоефективні режими роботи теплової схеми котельні з КТНУ визначались з використанням програми для розрахунку енергоефективності теплових схем водогрійних котельних з комбінованими КТНУ, адекватність результатів якої підтверджено характеристиками обладнання за даними фірм-виробників.
- В магістерській роботі проведено апробацію методу комплексного оцінювання систем енергозабезпечення з комбінованими КТНУ з метою визначення області енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні в м. Бар з комбінованою КТНУ, з використанням комплексного показника ефективності систем енергозабезпечення з КТНУ. Дістали подальший розвиток методи прогнозування умов ефективної інтеграції теплових схем водогрійних котельних з комбінованими КТНУ в промисловість та енергетику в частині визначення оптимальних умов застосування в теплових схемах водогрійних котелень комбінованих КТНУ.
- Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування в теплової схемі котельні в м. Бар комбінованої КТНУ.

За результатами проведених досліджень визначена область енергоекономічної та екологічно безпечної роботи теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ потужністю понад 1МВт (рис. 3.1). Ця область визначена за показником енерго-еколого-економічної ефективності CE з КТНУ та ПДТ з формули (3.1), за умов максимальної ефективності ГПД та пікового паливного котла.

- Запропонований в роботах [39, 75] підхід дозволив визначити область високої ефективності теплової схеми водогрійної котельні з комбінованою КТНУ, за комплексним узагальненим безрозмірним критерієм енерго-еколого-економічної ефективності та розробити рекомендації з режимів високоефективної експлуатації КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Бар.
- Практичні рекомендації по застосуванню комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно обґрунтованих умов застосування комбінованих КТНУ в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обраного варіанту застосування КТНУ з використанням теплоти вторинних енергоресурсів теплової схемі котельні.

- За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням КТНУ передбачено встановлення теплового насоса ТН-3000, який працює середньому опалювальному режимі та режимі гарячого водопостачання. 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 номінальною потужністю 1000 кВт.
- За рахунок впровадження комбінованої КТНУ в тепловій схемі котельні в м. Бар забезпечується економія природного газу у $\Delta B_p = 22,12\%$
- Визначено основні техніко-економічні показники котельні з КТНУ. У випадку застосування КТНУ в тепловій схемі забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. Термін окупності капіталовкладень становить 3,8 року, також зменшуються експлуатаційні витрати після модернізації на 6,41 млн. грн./рік.