

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ  
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
З КОГЕНЕРАЦІЙНО-ТЕПЛОНАСОСНИМИ  
УСТАНОВКАМИ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ  
КОТЕЛЬНІ САНАТОРІЮ»**

Виконав ст. гр. ТЕ-17м (з/в)

Немировський В. В.

Науковий керівник: к. т. н., доц.

Остапенко О. П.

- **Об'єкт дослідження** – енергоефективність теплової схеми котельні санаторію із застосуванням системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосною установкою (КТНУ)
- **Предметом дослідження** процеси в елементах СЕ та КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію, які забезпечують підвищення енергоефективності теплової схеми котельні із застосуванням СЕ з КТНУ.

- **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 визначення енергоефективних режимів роботи системи енергозабезпечення (СЕ) з когенераційно-теплонасосними установками (КТНУ) в теплової схемі котельні санаторію, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в теплової схемі котельні санаторію.

## ■ Завдання МКР:

- дослідити засоби з підвищення ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні санаторію) із застосуванням системи енергозабезпечення з КТНУ;
- дослідити та оцінити вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні санаторію) із застосуванням СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні санаторію;
- провести дослідження, визначити енергоефективні режими та економічно обґрунтовані умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні санаторію);
- розробити рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні санаторію) із застосуванням СЕ з КТНУ.

## Наукова новизна:

- проведено апробацію методу комплексного оцінювання СЕ з КТНУ, з використанням показників ефективності СЕ з КТНУ, з метою визначення режимів енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні санаторію з СЕ з КТНУ;
- дістали подальший розвиток методи прогнозування умов енергетично та економічно ефективної інтеграції теплових схем водогрійних котельних з СЕ з КТНУ в муніципальну теплоенергетику в частині визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування СЕ з КТНУ в теплових схемах водогрійних котелень санаторіїв.

## **Практичне значення одержаних результатів.**

Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію.

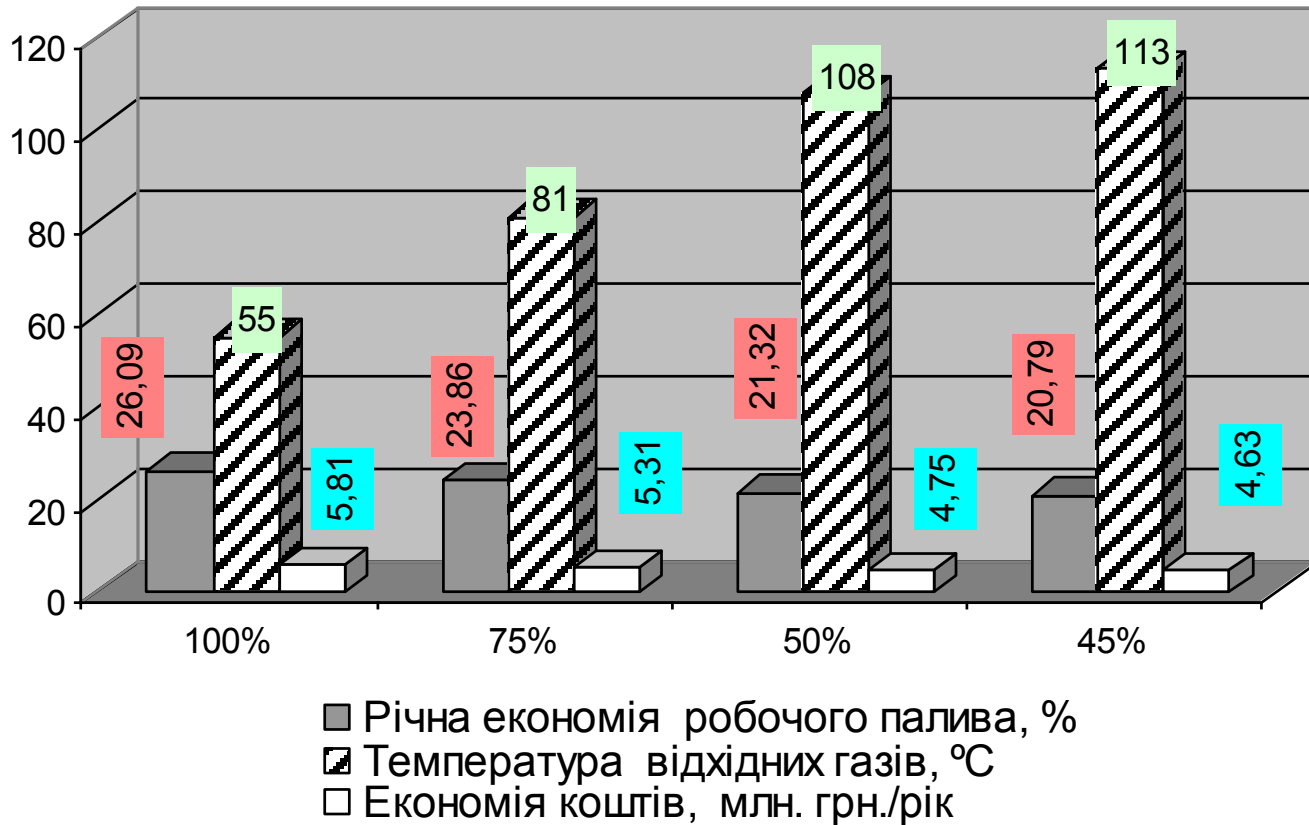
## **Апробація результатів роботи.**

Матеріали та результати досліджень доповідалися трьох конференціях:

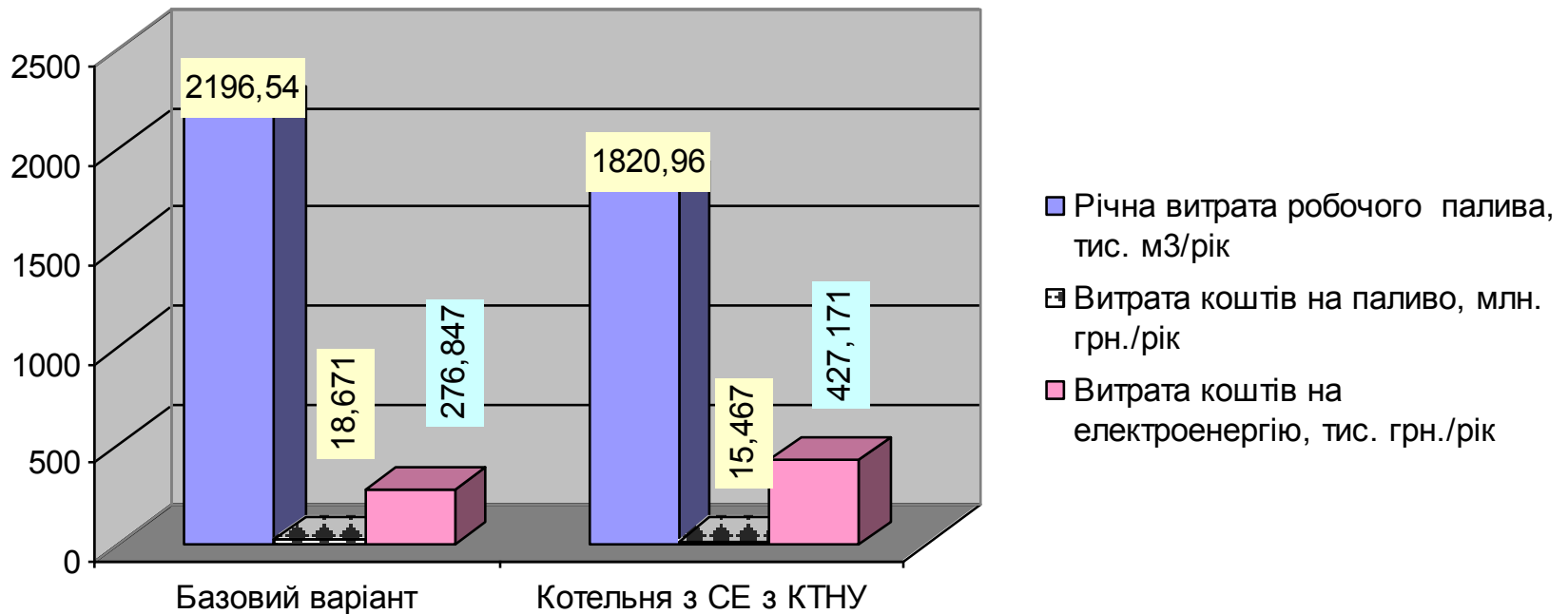
- - на двох Міжнародних конференціях: на Міжнародній науково-практичній конференції «Університетська наука-2018» (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції «Університетська наука-2019» (Маріуполь, 16-17 травня 2019 р.);
- - на Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці (МН-2019)» (2019 р., Вінниця, ВНТУ).

**Публікації.** Результати проведених досліджень опубліковано в трьох наукових публікаціях: одній науковій статті [1] у збірнику матеріалів Всеукраїнської конференції, а також двох тезах доповідей Міжнародних конференцій [2-3].

# Показники енергоекономічної ефективності варіантів теплової схеми котельні санаторію з СЕ з КТНУ

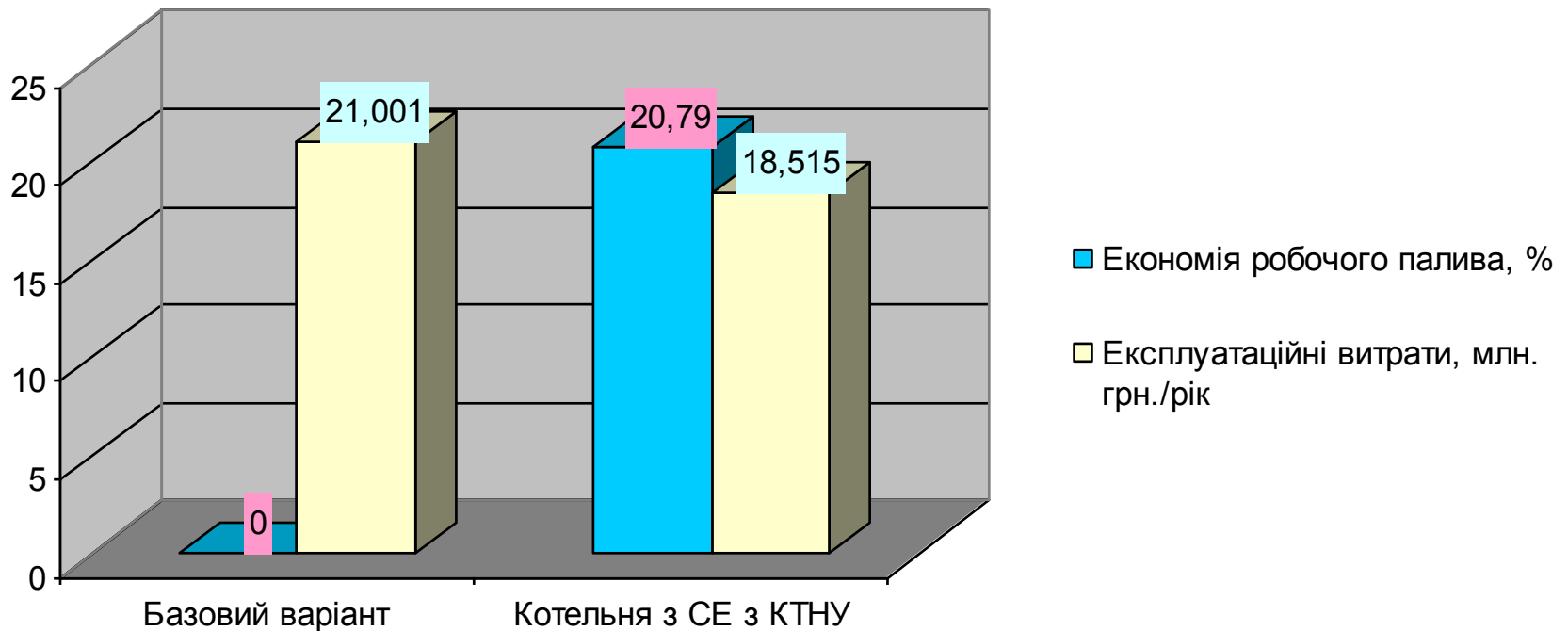


# Техніко-економічні показники варіантів теплової схеми котельні санаторію в м. Хмельник

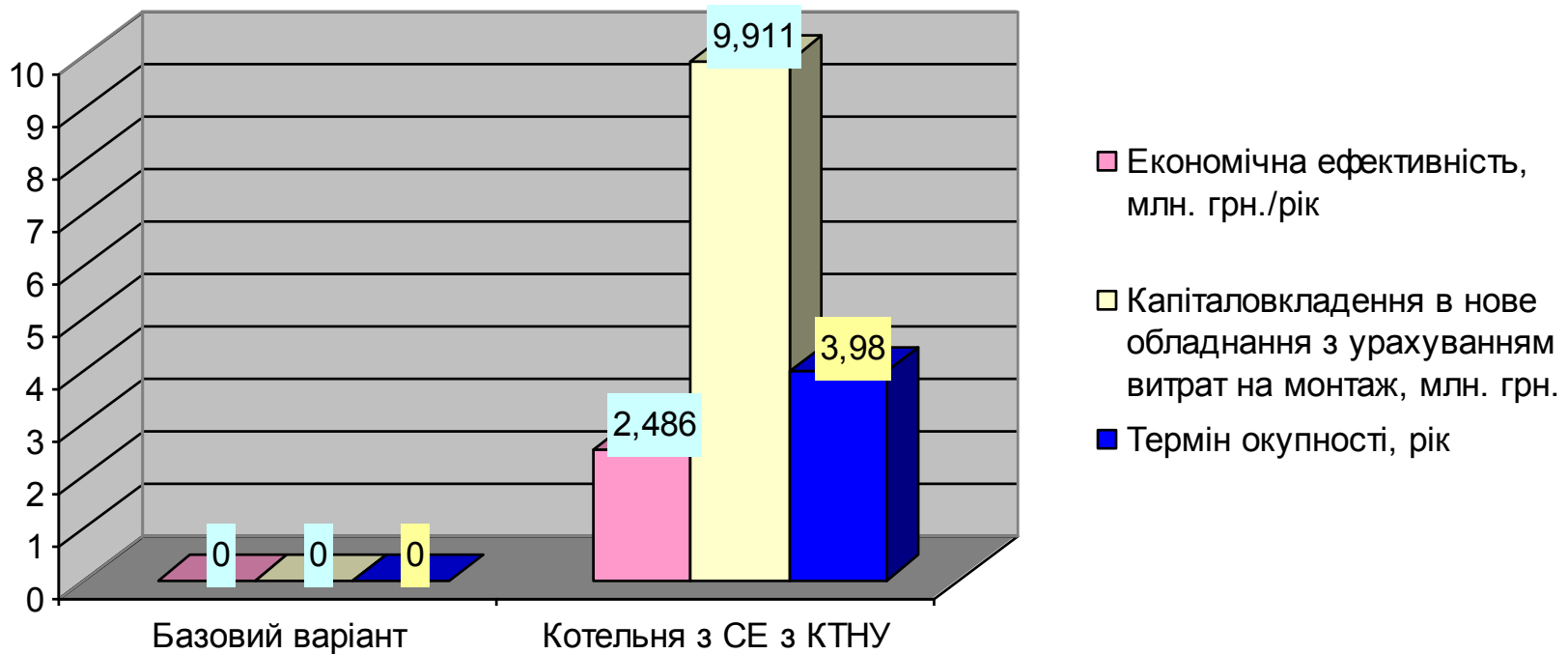




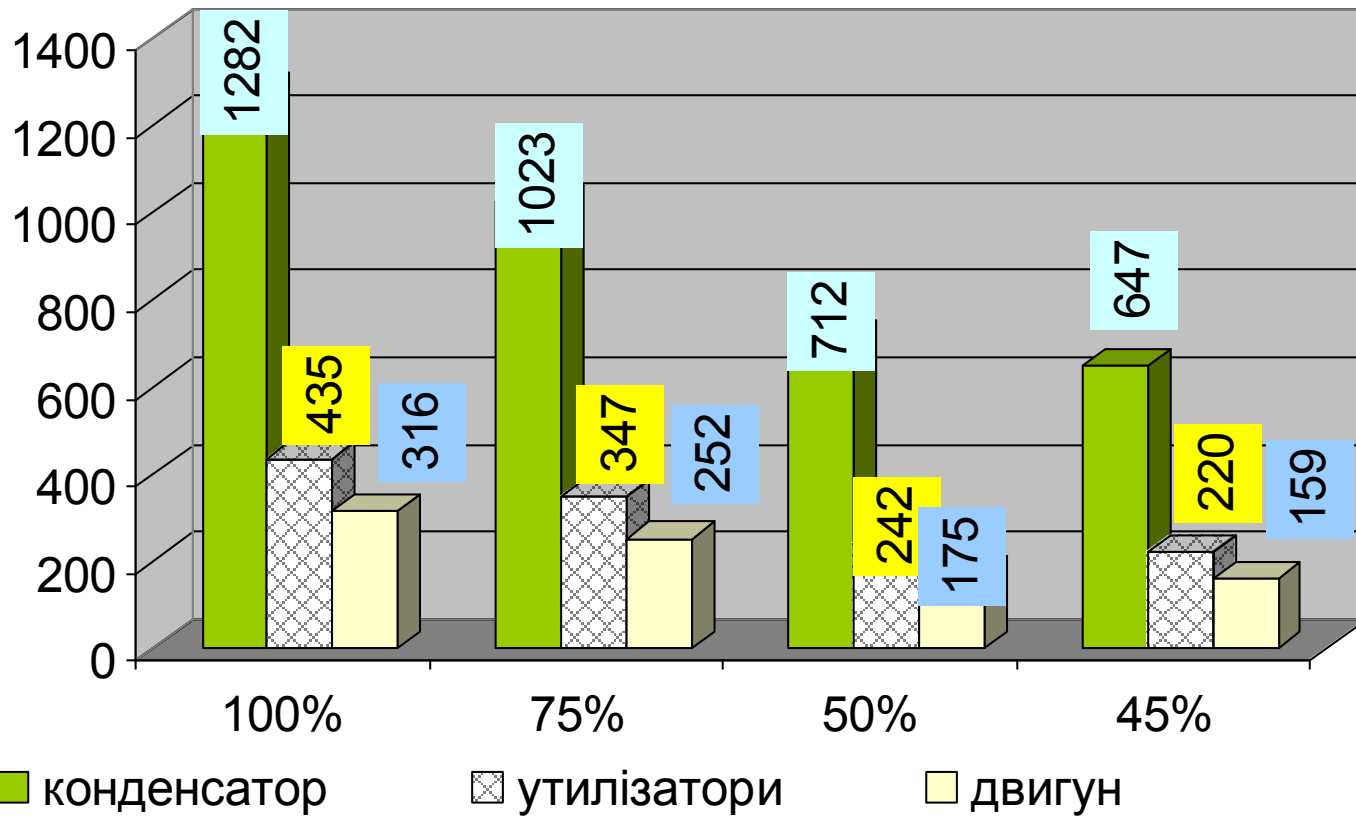
# Енергоекономічні показники варіантів теплової схеми котельні санаторію в м. Хмельник



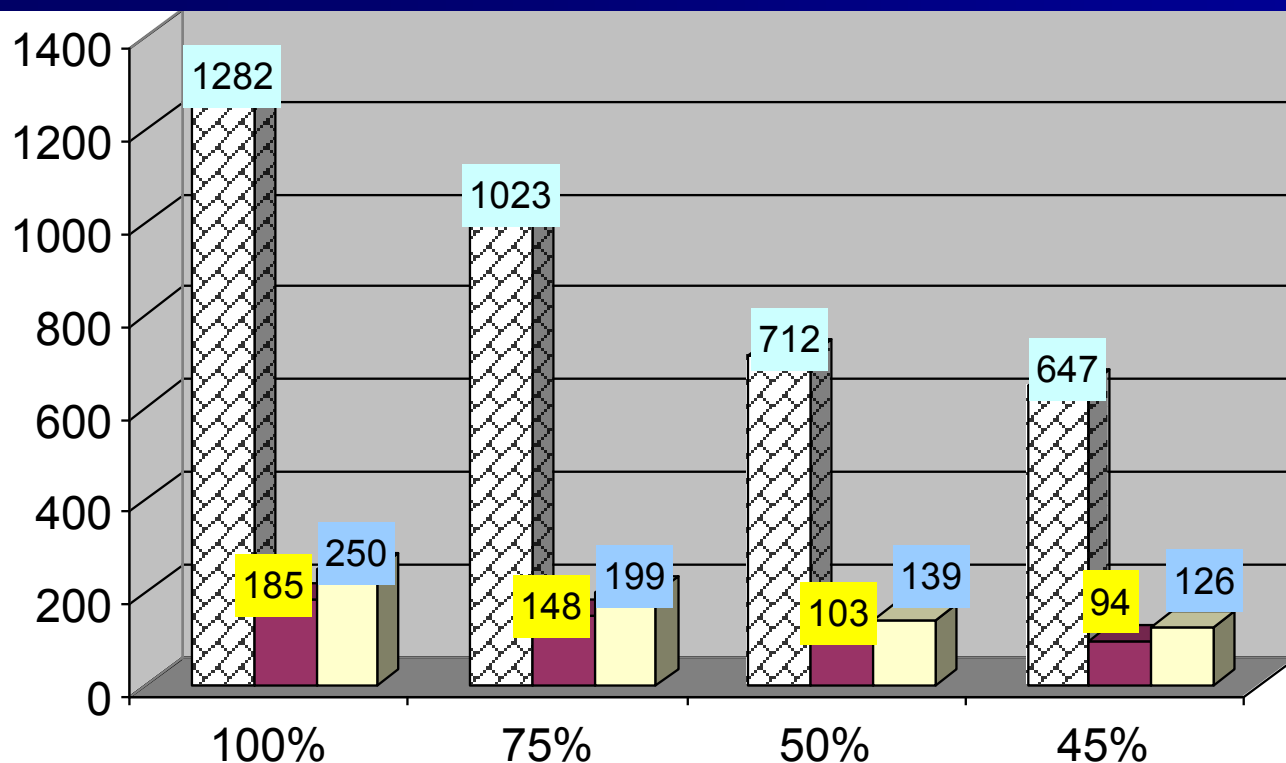
# Показники економічної ефективності варіантів теплової схеми котельні санаторію в м. Хмельник



# Значення теплових потужностей конденсатора та утилізаторів і електричної потужності двигуна КТНУ для теплової схеми котельні санаторію в першому сезоні, в залежності частки використання потужності КУ, кВт

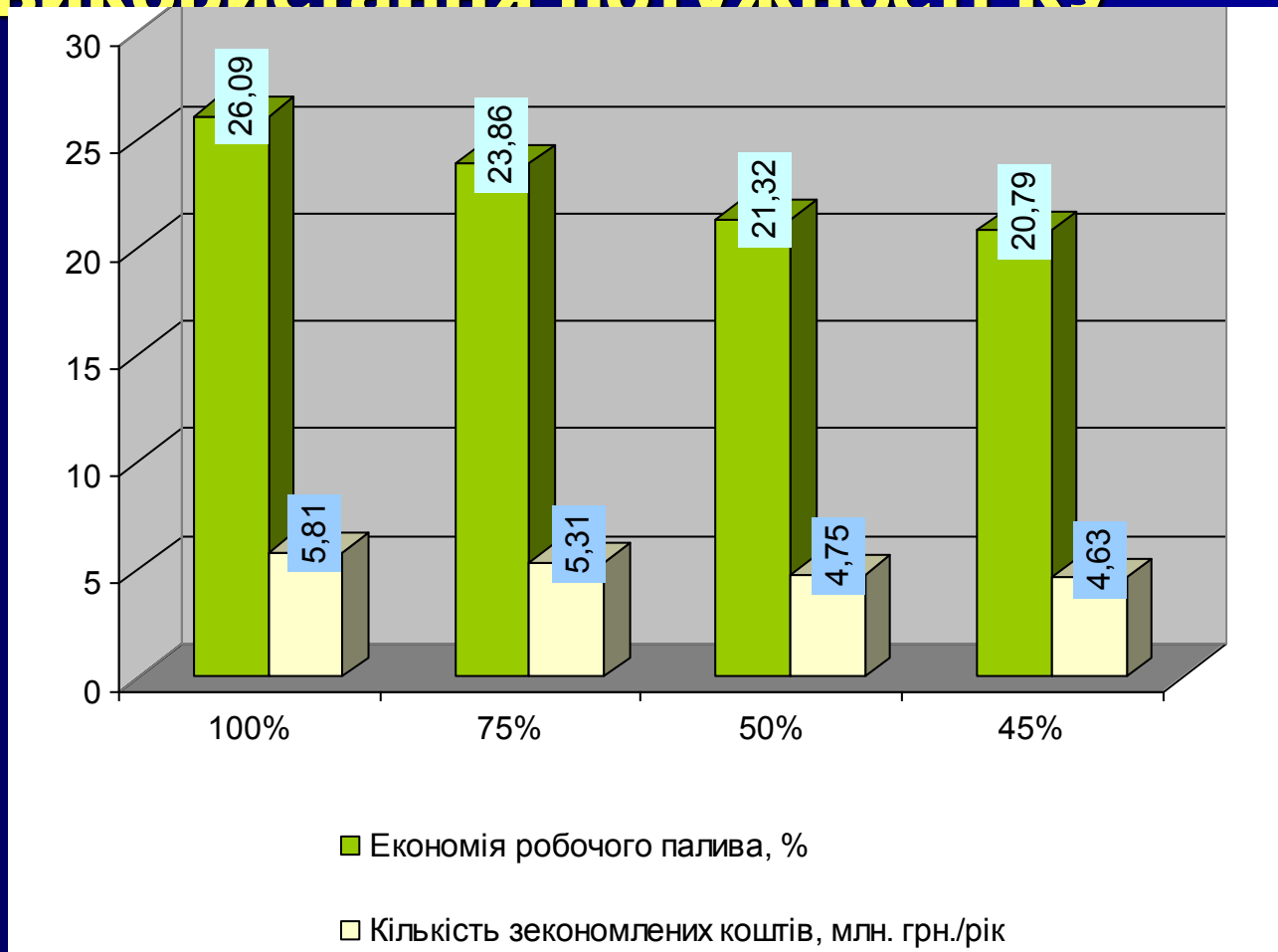


# Теплові потужності конденсатора ТНУ, системи охолодження та утилізаторів КТНУ, в залежності від частки використання потужності КУ, кВт

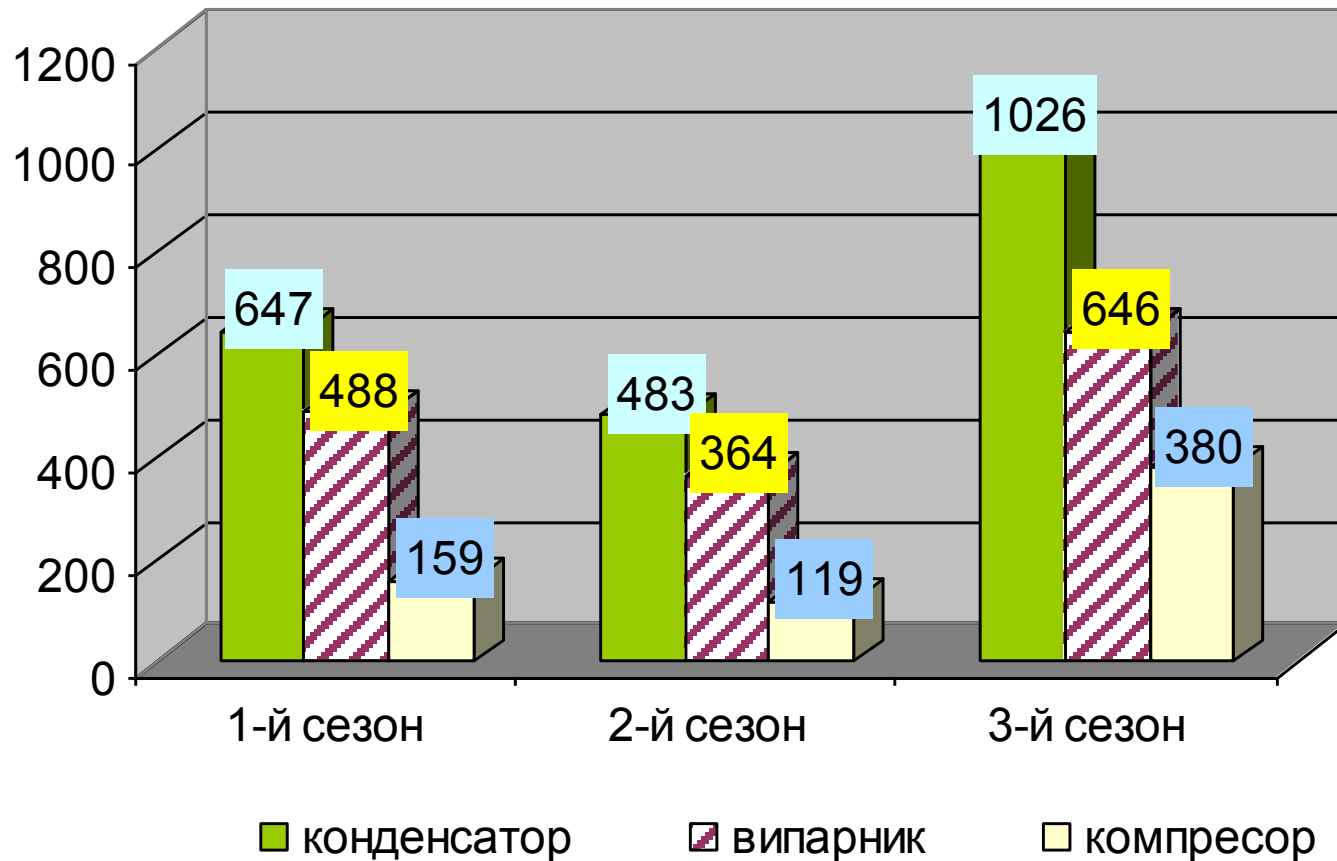


☒ конденс.    ■ система охолодж.    □ утил. тепл. відх. газів

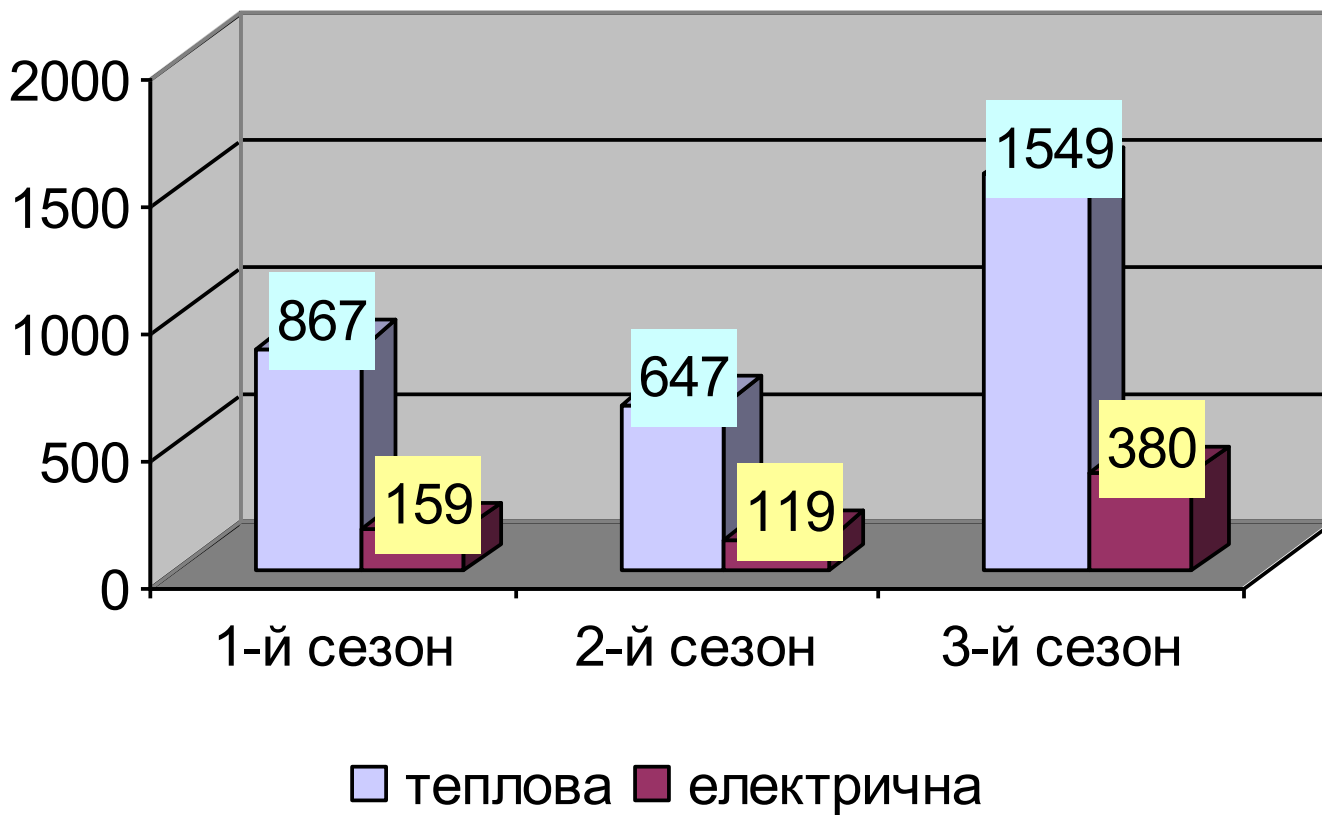
# Показники енергетичної та економічної ефективності варіантів теплової схеми котельні санаторію з КТНУ в залежності від частки використання потужності КУ



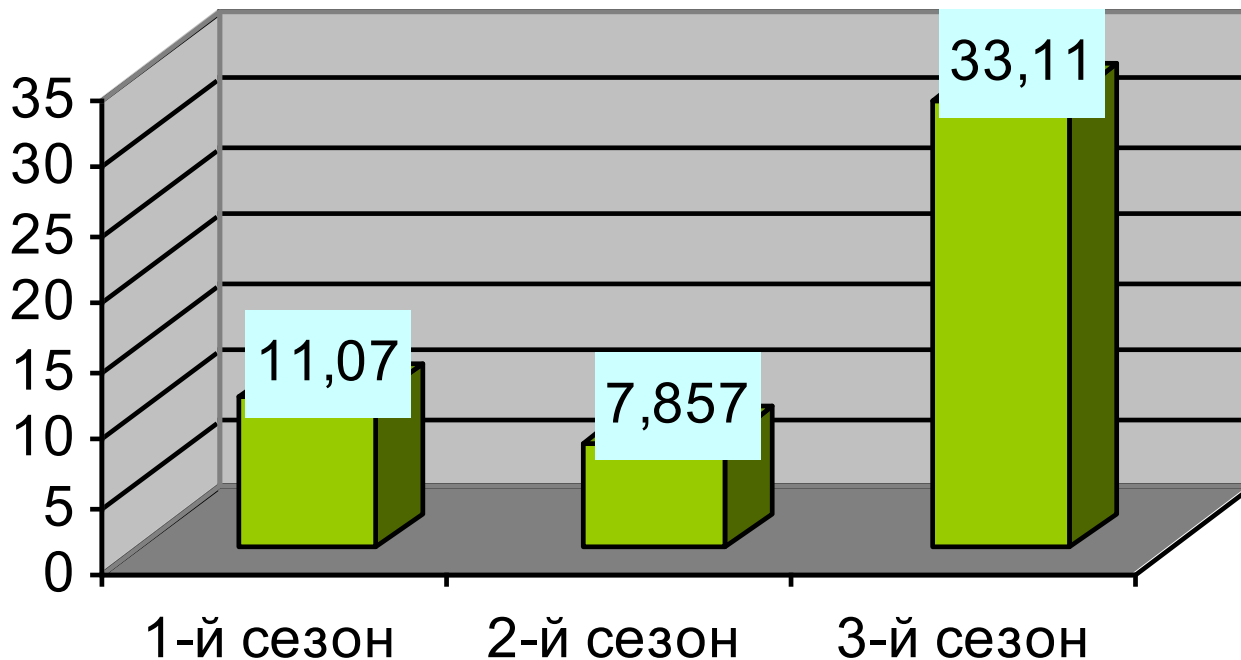
**Значення потужностей конденсатора, випарника та компресора КТНУ для режимів роботи теплової схеми котельні санаторію з використанням 45% потужності контактного утилізатора, кВт**



# Значення теплової та електричної потужностей КТНУ для теплової схеми з використанням 45% потужності контактного утилізатора від сезону роботи, кВт

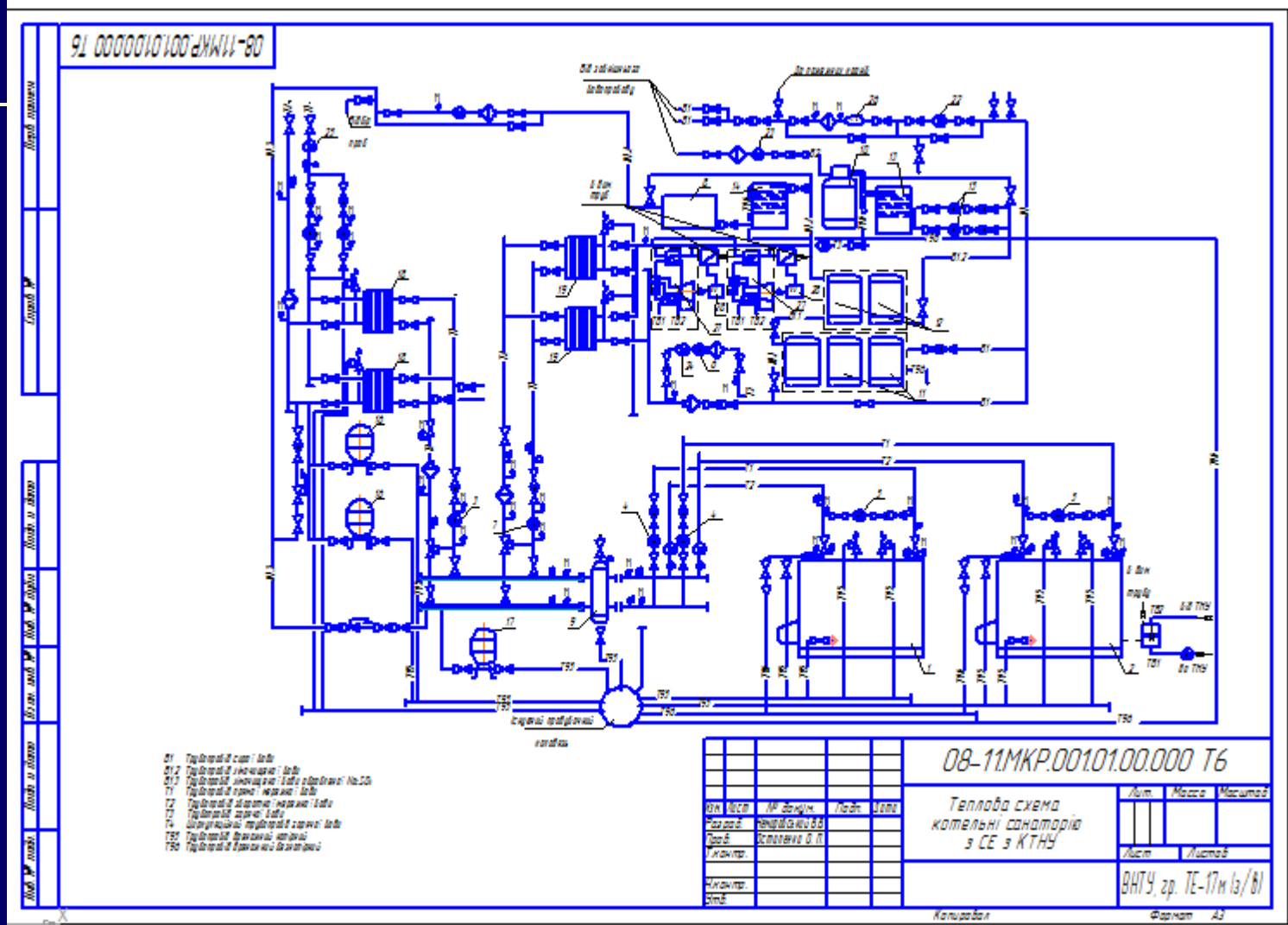


# Значення економії робочого палива від застосування КТНУ для теплової схеми з використанням 45% потужності контактного утилізатора в залежності від сезону, %

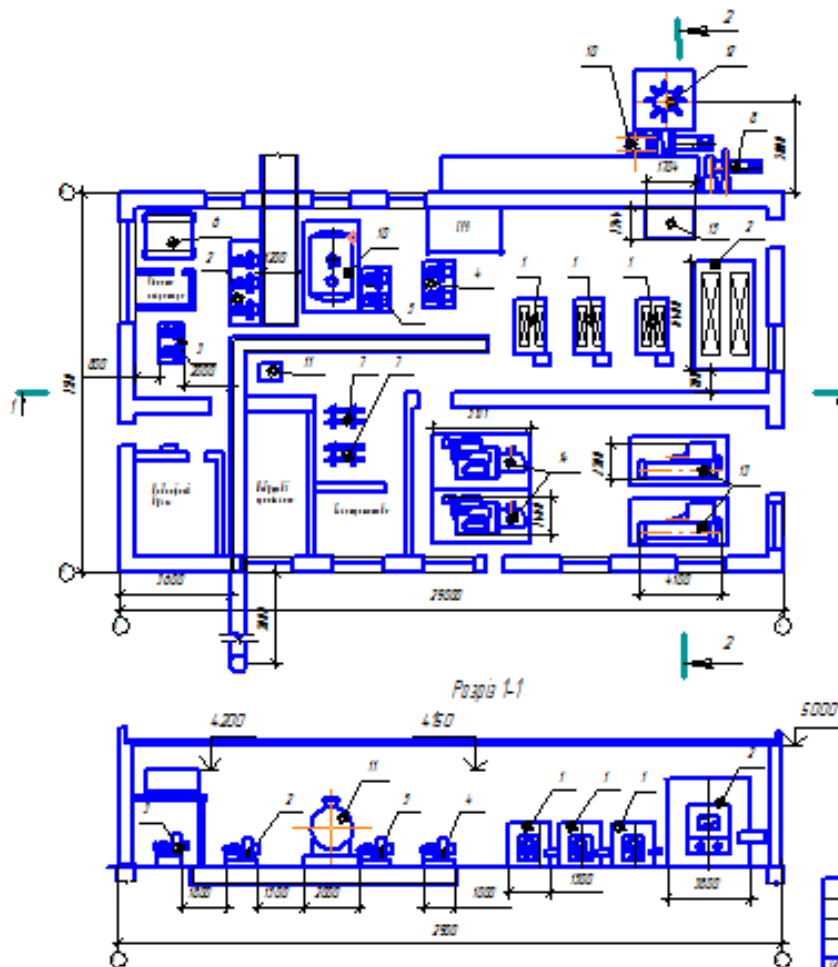




# Теплова схема котельні санаторію з СЕ з КТНУ



# План котельні санаторію з СЕ з КТНУ



Позначення	Позначення	Кількість
1	Помп'я інтегрована РИТ-21	1
2	Помп'я інтегрована РИТ-41	1
3	Помп'я напірна 25-100	2
4	Помп'я напірна 25-200	2
5	Система фільтра АТ-9-0	4
6	Водяний насос	1
7	Водяний насос з мережі водостоків	2
8	Водяний насос 25-12	1
9	Водяний насос 25-9	1
10	Водяний насос	1
11	Водяний насос	1
12	Водяний насос	1
13	Водяний насос 25-200	2
14	Водяний насос 25-100	2
15	Водяний насос РИТ-21/41	1

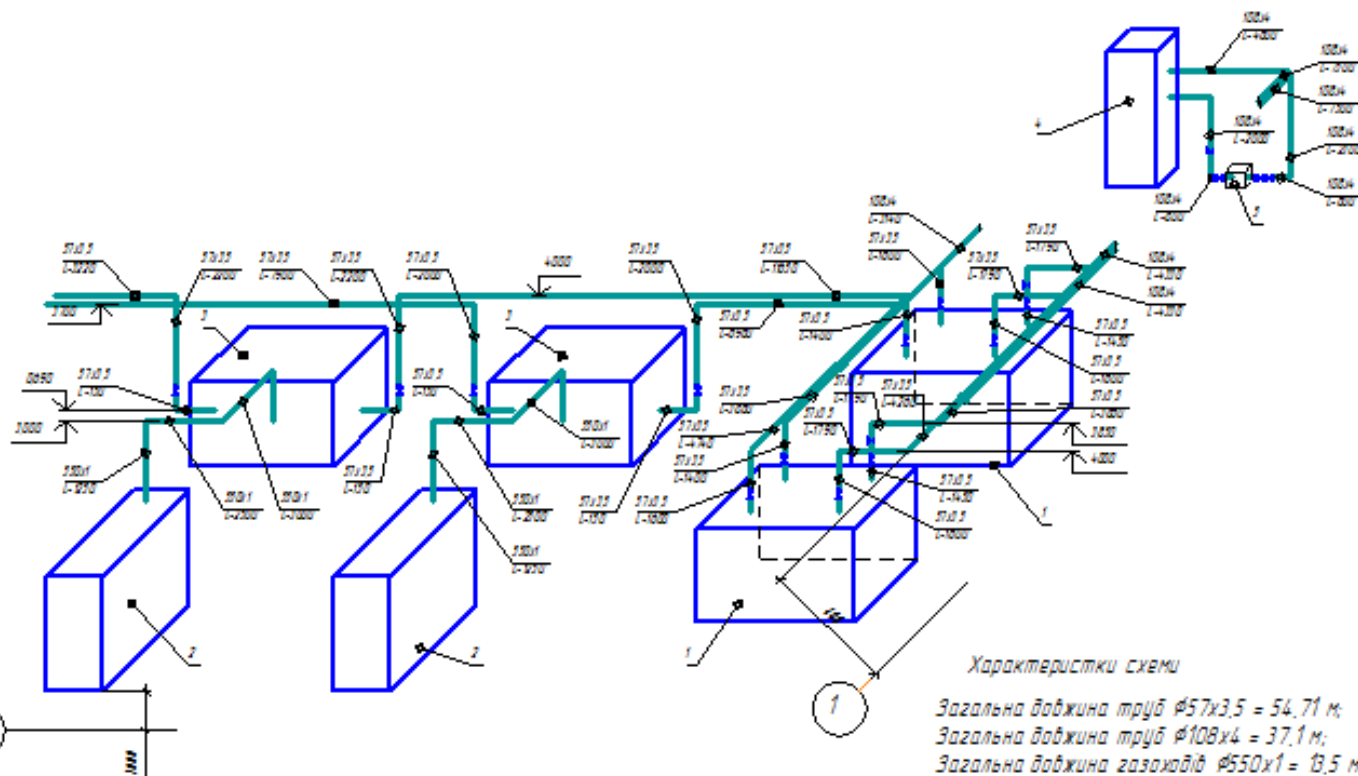
08-11МКР.001.02.00.000 АР			
Котельня санаторію в м. Хмельник			
Між. Назв.	Мас.	Розк.	Лист.
Розробив	Липинський І.		
Перевірив	Степанів О.		
ВКР/ПВКР			
Рядовий			
Монитор			
Вибірив			

Енергоефективність системи опалення з конденсаційно-тепловою насосною установкою в теплової мережі котельні санаторію

План котельні санаторію з СЕ з КТНУ

ВНТУ, зр.ТЕ-17м (з/в)

# АксонOMETрична схема монтажу КТНУ

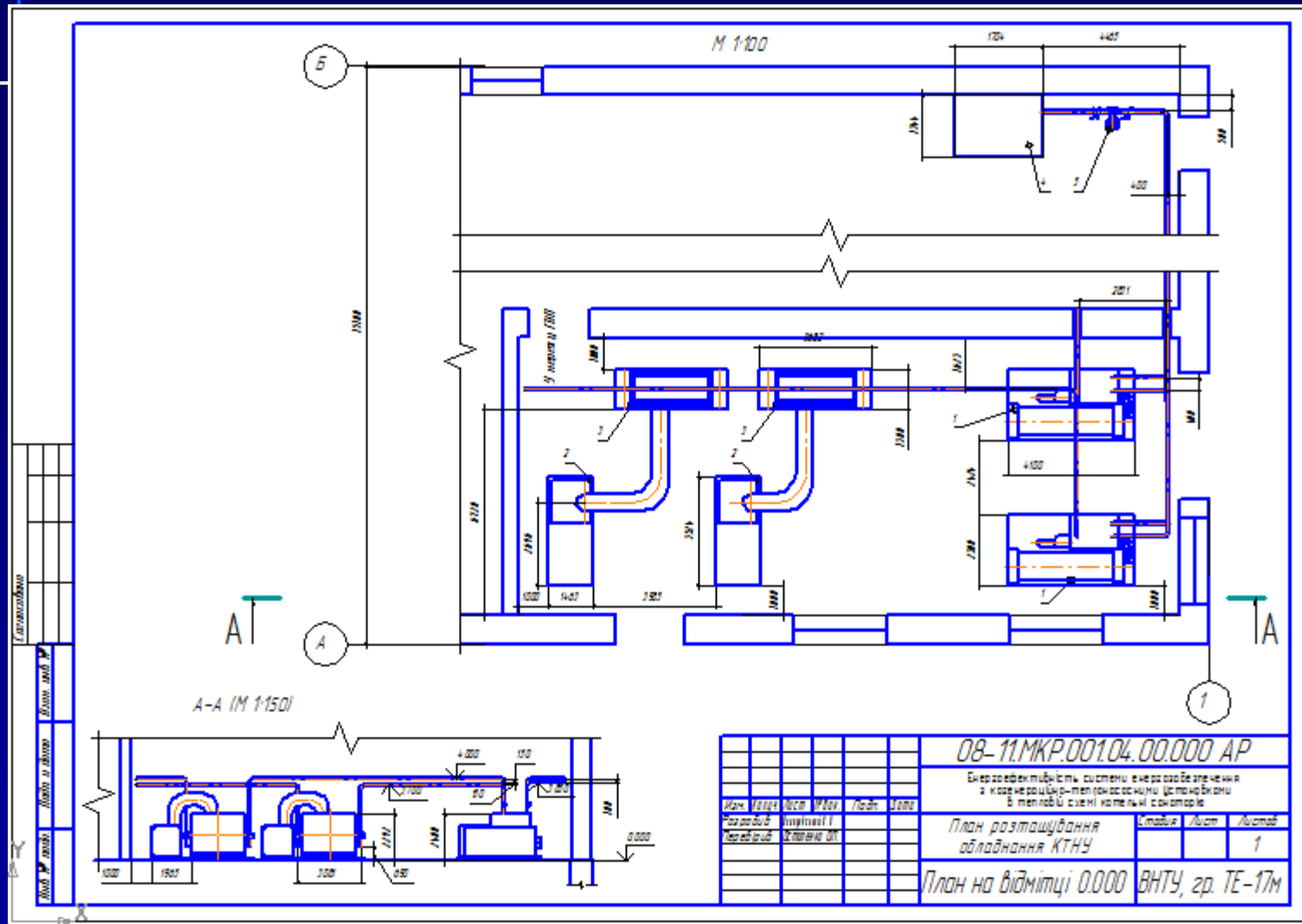


## Перелік арматури

Кран кульовий сталевий фланцевий 108x4 мм - 2 шт;  
 Кран кульовий сталевий фланцевий  $\varnothing 450$  мм - 12 шт;  
 Фільтр сітчастий фланцевий  $\varnothing 108$  - 1 шт;  
 Фільтр сітчастий фланцевий ФС М4643Фт  $\varnothing 57$  - 2 шт;  
 Клапан зворотний фланцевий  $\varnothing 100$  - 1 шт.

						08-11.МКР.001.03.00.000 АР		
						Енергоефективність системи енергозбереження з конденсаційно-тепловосиловою установкою в тепловій схемі котельні садибного		
Мен	Менед	Мен	Мен	Мен	Мен	АксонOMETрична схема монтажу КТНУ	Лист	Листів
Газопровід	Котельня	Тепловий пункт						1
						ВНТУ, гр. ТЕ-17м		

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

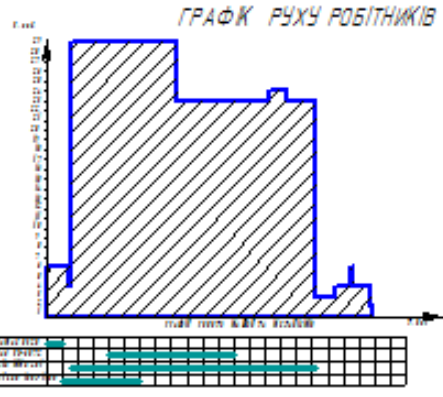


# Календарний план монтажу КТНУ

№	Найменування робіт	Одн. вим.	Об'єм	Коефіцієнт	Вартість	Станд. трудозат.	Місяць	Тривалість	Вимоги СДП																														
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Доставка вантажів до місця монтажу	т	104	3	1210	40000, 1, 600	0	200																															
2	Розробка мережі прокладання трубопроводу	00 м	0,92	13	0,10	монтаж 4р 3р	4	0037																															
3	Монтаж теплоізоляції венту NT-100	шт	2	0100	2070	монтаж 1, 1, 1, 1	10	203																															
4	Монтаж ШУВР-автоматів	т	2,7	2040	090	монтаж 1шт в б	10	0,93																															
5	Монтаж КТНУ	т	0,002	104	21	монтаж 1шт в б	3	21																															
6	Монтаж теплоізоляційного утеплювача	т	0,4	2044	123	монтаж 4р 3р	3	41																															
7	Прокладання трубопроводу Ду 50	00 м	0,147	9009	0,2	монтаж 4р 3р	3	2																															
8	Прокладання трубопроводу Ду 100	т	0,07	9009	3,9	монтаж 4р 3р	4	137																															
9	Встановлення загальної арматури Ду 50	10 шт	1,2	04	90	монтаж 4р 3р	3	3,2																															
10	Встановлення загальної арматури Ду 100	10 шт	0,2	04	24	монтаж 4р 3р	3	0,8																															
11	Встановлення фільтрів фланцеві	шт	3	1740	0,13030	монтаж 4р 3р	3	0,37																															
12	Монтаж запорної арматури в мережі	шт	1	192	4,9	монтаж 4р 3р	4	1,22																															
13	Встановлення трубопроводу	00 м	0,92	0,22	0,943	монтаж 1шт в б	0	0,10																															
14	Встановлення трубопроводу Ду 50	10 м	2,47	3,20	3,01	монтаж 1шт в б	4	0,9																															
15	Встановлення трубопроводу Ду 100	10 м	3,71	0,90	3,24	монтаж 1шт в б	4	0,81																															
16	Контроль якості виконаних робіт	00 м	0,92	24	0,00	монтаж 1шт в б	2	0,14																															

Графік руху робітників

№	Позначення	Формат	Вартість	Об'єм
1	В...	В	375	шт/шт
2	Г...	-	281	шт
3	Р...	-	29	шт
4	Р...	В.../Г...	101	шт
5	Г...	-	10	шт
6	...	Р.../Р...	040	-
7	...	Г.../Г...	030	-



08-11МКР.00105.00.000

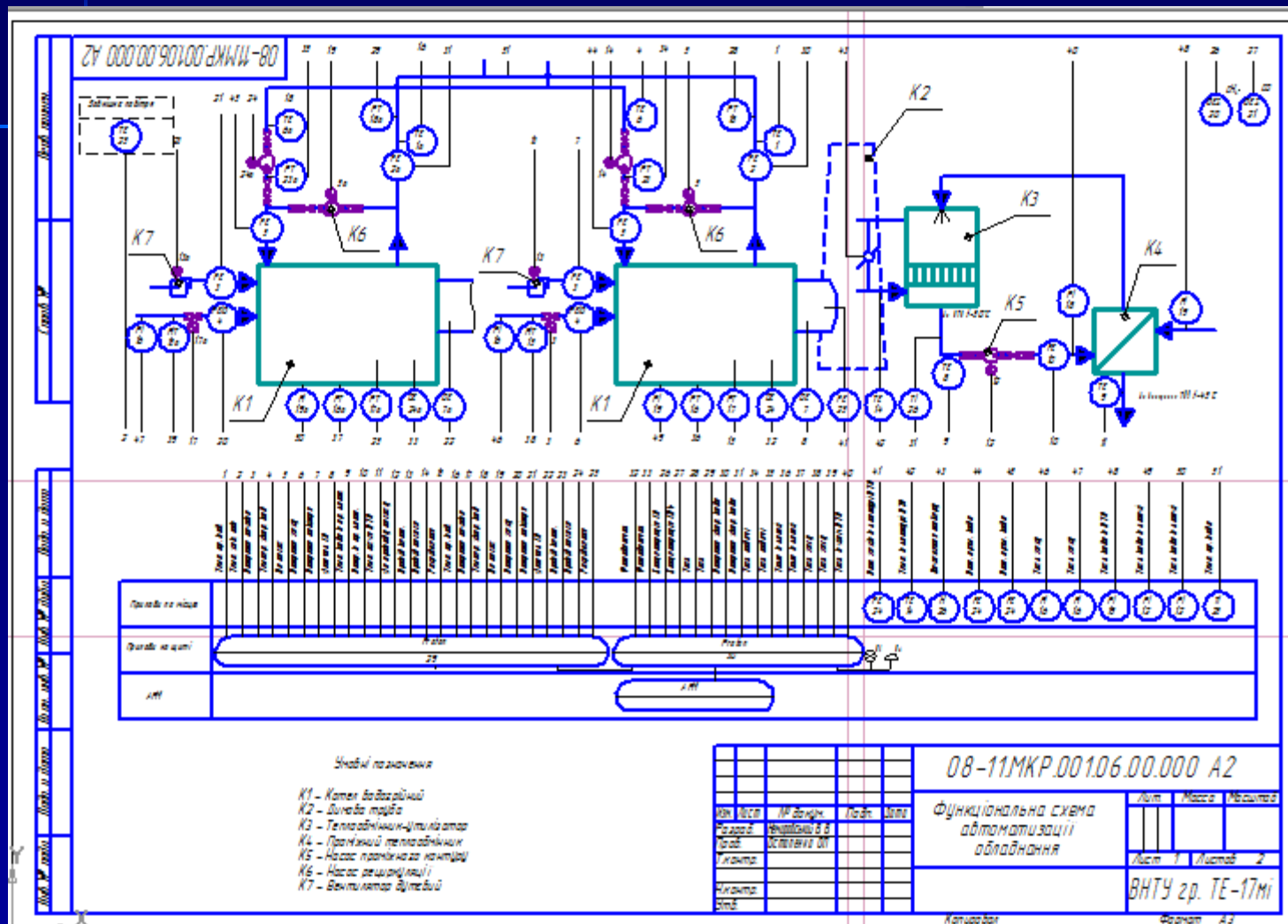
Енергоэффективность системы энергообеспечения  
в когенерационно-тепловоснабжении  
в тепловую сеть котельной котлоагрегата

Календарний план монтажу КТНУ

Страница Лист Листов  
1

ВНТУ, см. зр. ТЕ-17М

# Функціональна схема автоматизації котельні з СЕ з КТНУ



## ПОРІВНЯННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Показник	Одиниця вимірювання	Варіант схеми	
		Базовий варіант	Модернізована схема з СЕ з КТНУ
Річна витрата робочого палива	тис.м <sup>3</sup> /рік	2196,54	1820,96
Економія робочого палива	%	--	20,75
Витрата коштів на паливо	млн. грн./рік	18,671	15,467
Витрата на електроенергію	тис. грн./рік	276,85	427,17
Експлуатаційні витрати	млн. грн./рік	21,001	18,515
Зменшення експлуатаційних витрат	млн. грн./рік		2,486
Капіталовкладення	млн. грн.	--	9,911
Термін окупності	рік	--	3,99

# Висновки

- В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуті питання з визначення енергоефективних режимів роботи системи енергозабезпечення з когенераційно-теплонасосними установками в теплової схеми котельні санаторію, оцінка обсягів економії енергоресурсів від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію.
- В магістерській кваліфікаційній роботі проведені дослідження з підвищення енергоефективності теплової схеми котельні санаторію (на прикладі котельні в місті Хмельник) із використанням СЕ з КТНУ. Досліджено засоби з підвищення ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні санаторію) із застосуванням системи енергозабезпечення з КТНУ. Досліджено та оцінено вплив режимів роботи теплової схеми котельні (на прикладі котельні санаторію) із застосуванням СЕ з КТНУ на показники енергетичної та економічної ефективності теплової схеми котельні санаторію. Проведено дослідження, визначено енергоефективні режими та економічно обґрунтовані умови застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні (на прикладі котельні санаторію). Розроблені рекомендації із підвищення енергоефективності та економічної ефективності теплової схеми котельні (на прикладі котельні санаторію) із застосуванням СЕ з КТНУ.



- Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергетичну та економічну ефективність теплової схеми котельні санаторію з СЕ з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні санаторію з КТНУ визначалися за розробленою програмою розрахунку ефективності теплових схем котельних з СЕ з КТНУ, адекватність результатів якої підтверджено характеристиками обладнання за даними фірм-виробників та точністю матеріальних та енергетичних балансів.
- В магістерській роботі проведено апробацію методу комплексного оцінювання СЕ з КТНУ, з використанням показників ефективності СЕ з КТНУ, з метою визначення режимів енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні санаторію з СЕ з КТНУ. Дістали подальший розвиток методи прогнозування умов енергетично та економічно ефективної інтеграції теплових схем водогрійних котельних з СЕ з КТНУ в муніципальну теплоенергетику в частині визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування СЕ з КТНУ в теплових схемах водогрійних котелень санаторіїв.
- Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію.

- Практичні рекомендації по застосуванню СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію містять: оцінку ефективності варіантів застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно обґрунтованих умов застосування СЕ КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обладнання для обраного варіанту застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію.
- За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію було підібрано таке обладнання: дві теплонасосні установки марки НТ-500, два газопоршневі двигуна-генератора марки Generac SG 300 та утилізаційне обладнання.

- У разі застосування цього варіанту СЕ з КТНУ будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані змінні режими роботи вищезазначених СЕ з комбінованим сезонним використанням низькотемпературної теплоти промислових та природних джерел: температура відхідних газів котельні становитиме 113 °С, сезонна економія робочого палива котельнею з СЕ з КТНУ буде змінюватись в межах 7,86...33,1%, річна економія робочого палива котельнею з СЕ з КТНУ становитиме 20,79%. Для цього варіанту застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію в м. Хмільник економія природного газу становитиме 375,58 тис. м<sup>3</sup>/рік та буде забезпечено економію коштів котельнею в обсязі 2,49 млн. грн./рік
- У випадку застосування СЕ з КТНУ в тепловій схемі котельні санаторію забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. За результатами техніко-економічного аналізу визначено, капіталовкладення в нове обладнання (СЕ з КТНУ) становитимуть 9,911 млн. грн., термін окупності нового обладнання СЕ з КТНУ становитиме 3,98 року.