

# «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ В ТЕПЛОВІЙ СХЕМІ ВОДОГРІЙНОЇ КОТЕЛЬНОЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОГЕНЕРАЦІЙНИХ ТЕПЛОНАСОСНИХ УСТАНОВОК»

Виконав ст. гр. ТЕ-18м Форсюк П. Д.

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

- **Об'єкт дослідження** – ефективність енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні (ТСВК) із застосуванням когенераційних теплонасосних установок (КТНУ).
- **Предмет дослідження** – процеси в елементах ТСВК з КТНУ, що сприятимуть підвищенню ефективності енерговикористання.

■ **Актуальність роботи.** Зважаючи на актуальність енерго- та ресурсозбереження, а також підвищення ефективності енерговикористання в системах теплопостачання 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 ефективності енерговикористання в тепловій схемі водогрійної котельні (ТСВК) з використанням когенераційно-теплонасосних установок (КТНУ), визначення енергоефективних та економічно обґрунтованих режимів роботи, оцінка обсягів економії коштів та енергоресурсів у разі застосування КТНУ в тепловій схемі.



## Завдання МКР:

- дослідити засоби з підвищення ефективності енерговикористання у ТСВК (на прикладі котельні в місті Славута) у разі використання КТНУ;
- дослідити та оцінити вплив змінних режимів роботи ТСВК (на прикладі котельні в місті Славута) із КТНУ на показники ефективності ТСВК;
- провести дослідження, визначити енергоефективні та економічно доцільні режими та умови застосування КТНУ в ТСВК (на прикладі котельні в місті Славута);
- розробити рекомендації із підвищення ефективності енерговикористання в ТСВК (на прикладі котельні в місті Славута) із застосуванням в схемі КТНУ.

- проведено апробацію методу оцінювання енергоекономічної ефективності ТСВК з СЕ та КТНУ на основі показників енергоекономічної ефективності СЕ з КТНУ, що здійснено для визначення режимів енергоефективної та енергоекономічної експлуатації ТСВК з СЕ та КТНУ;
- дістали подальший розвиток методи прогнозування умов енергоекономічно ефективної інтеграції ТСВК з СЕ та КТНУ в муніципальну та промислову теплоенергетику України в частині визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування ТСВК з СЕ та КТНУ.

**Практичне значення одержаних результатів.** Встановлено енергоекономічний ефект для ТСВК у разі застосування СЕ з КТНУ.

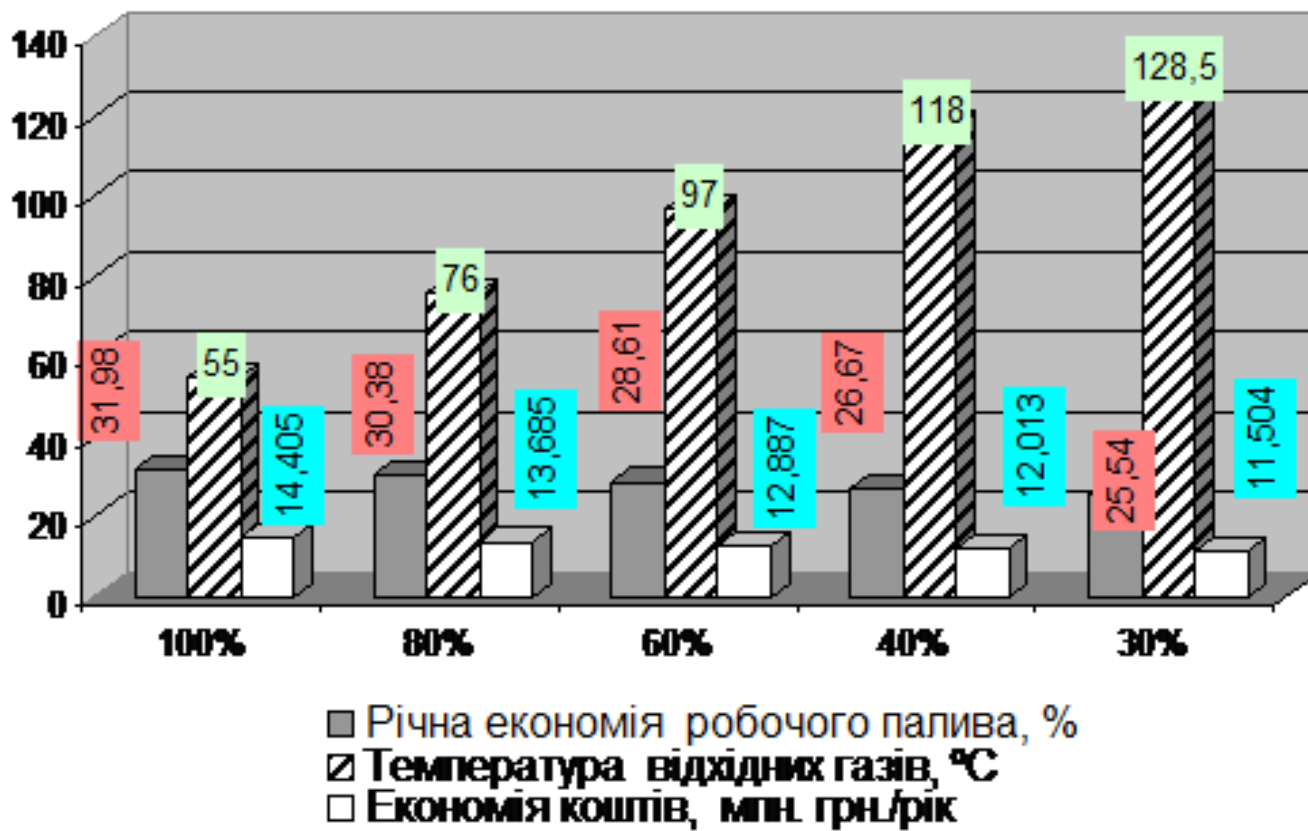
### **Апробація результатів роботи.**

Матеріали та результати досліджень доповідалися п'яти конференціях:

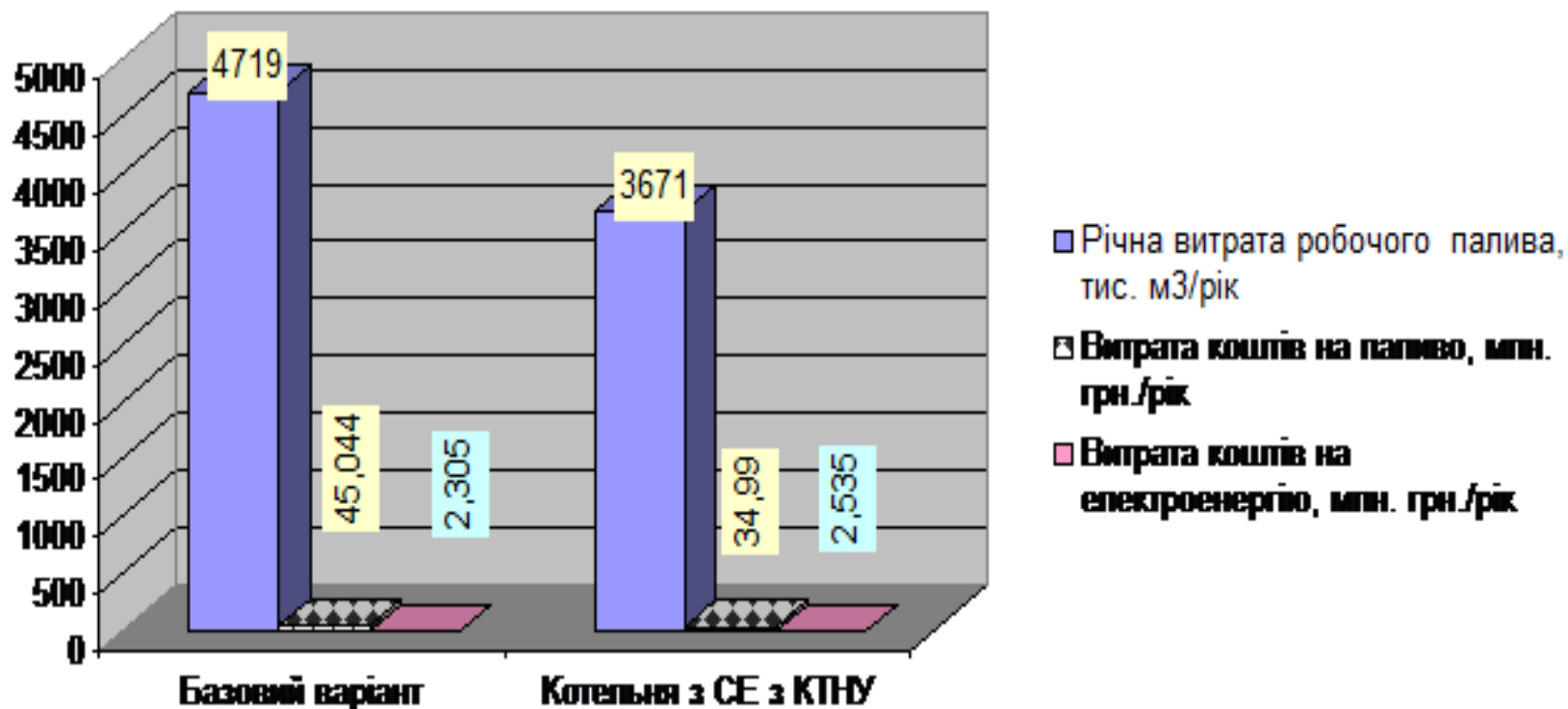
- - на трьох Міжнародних конференціях: на Міжнародній науково-практичній конференції «Університетська наука-2018» (Маріуполь, 23-24 травня 2018 р.); на Міжнародній науково-практичній конференції «Літні наукові дискусії» (м. Вінниця, 2018 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології в будівництві» (2018 р., Вінниця);
  - -на Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, «Актуальні проблеми сучасної енергетики» (23 – 25 травня 2018 р., Херсон);
- - на регіональній науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці (МН-2018)» (2018 р., Вінниця, ВНТУ);

**Публікації.** Результати проведених досліджень опубліковано в шести наукових публікаціях: одній науковій статті [1] у фаховому виданні України, чотирьох наукових статтях у збірниках матеріалів Міжнародних, Всеукраїнських та регіональних конференцій [2-5], а також тезах доповіді Міжнародної конференції [6].

## Показники енергоекономічної ефективності варіантів теплової схеми котельні з КТНУ

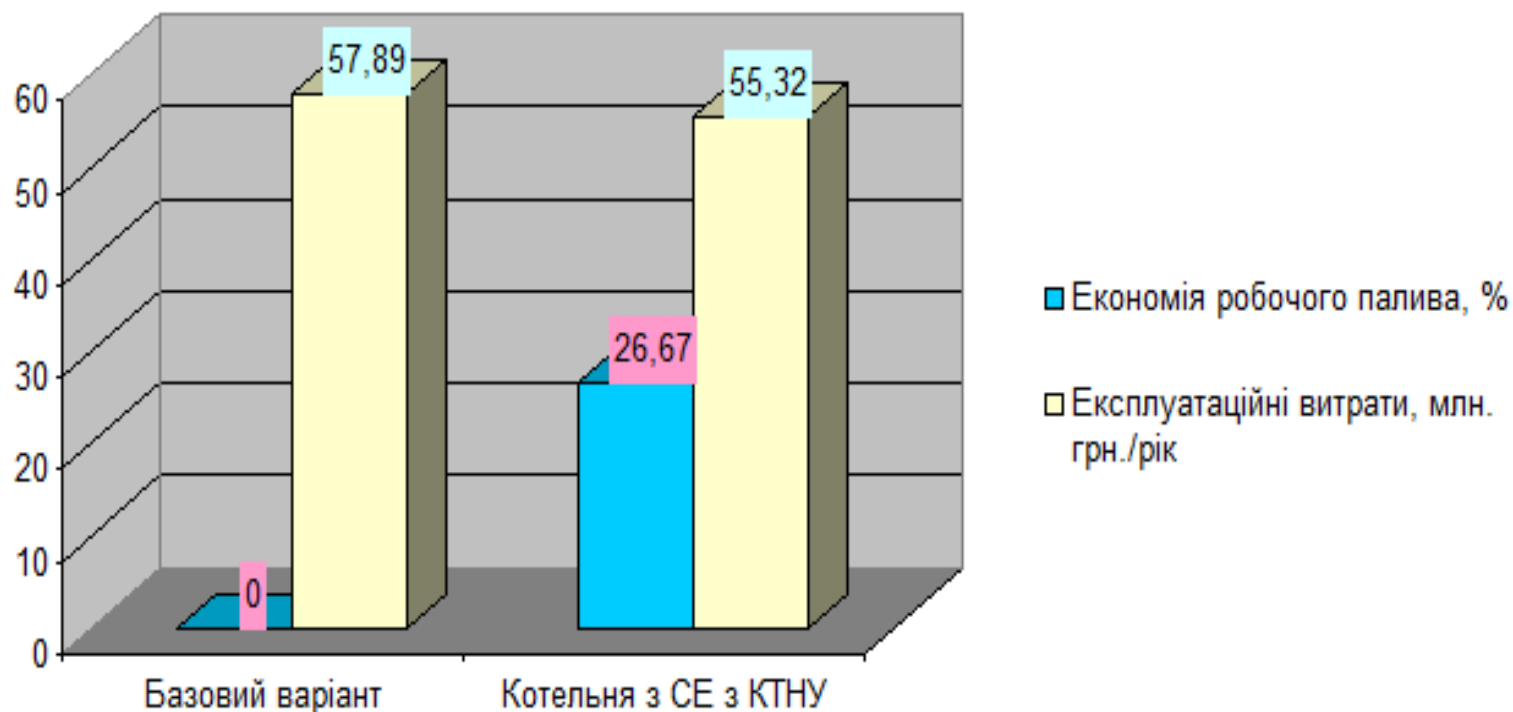


# Техніко-економічні показники варіантів теплової схеми котельні



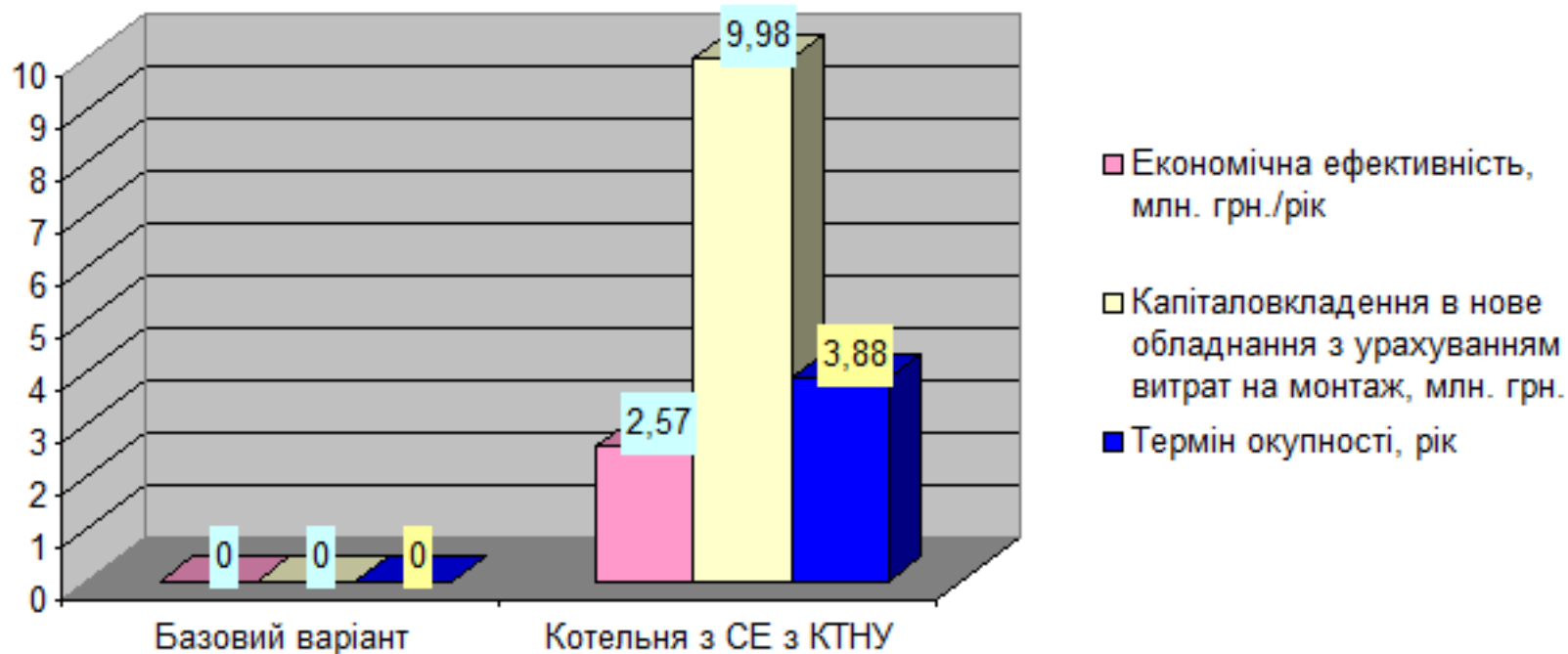


# Енергоекономічні показники варіантів теплової схеми котельні

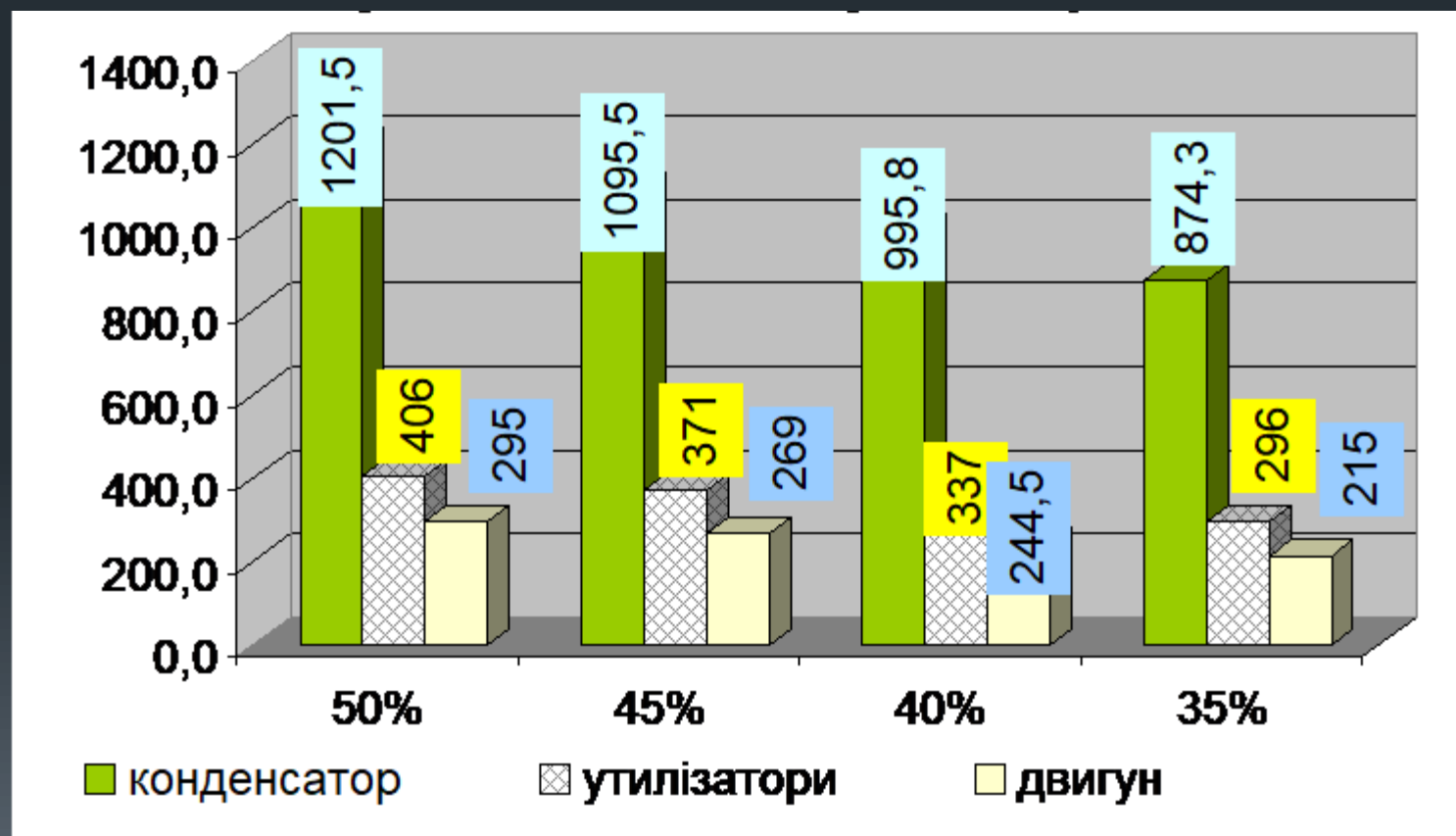


# Показники економічної ефективності варіантів теплової схеми котельні

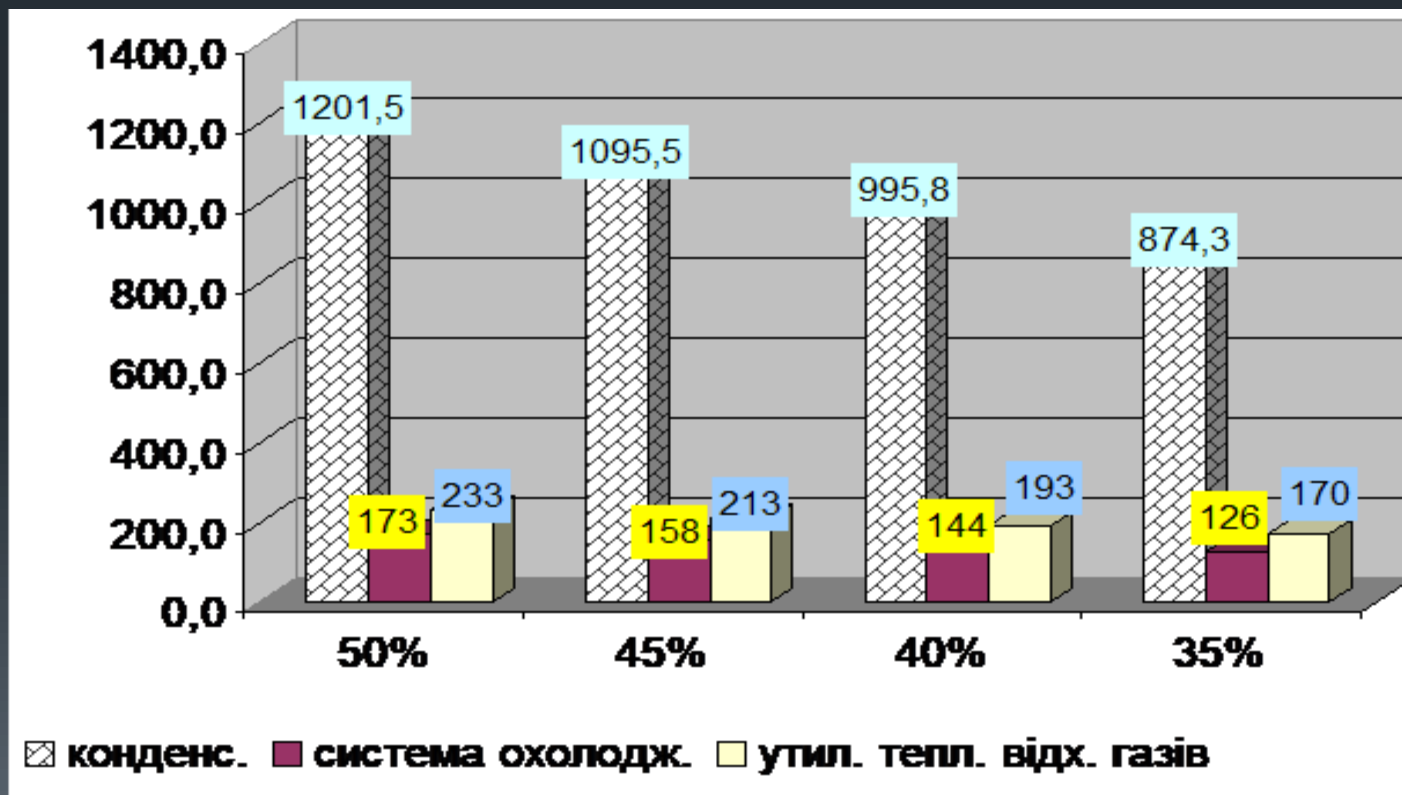
10



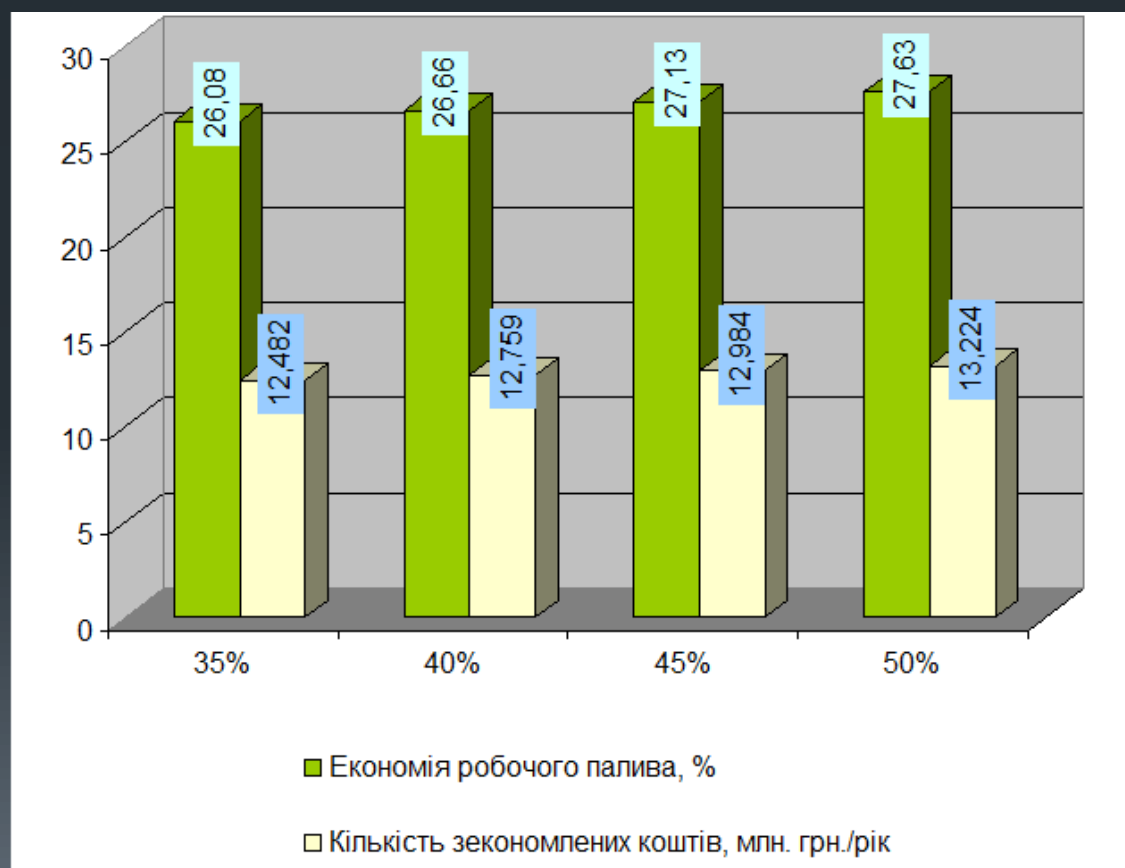
Значення теплових потужностей конденсатора та утилізаторів і електричної потужності двигуна КТНУ для теплової схеми котельні в першому сезоні, в залежності від частки використання потужності КУ, кВт



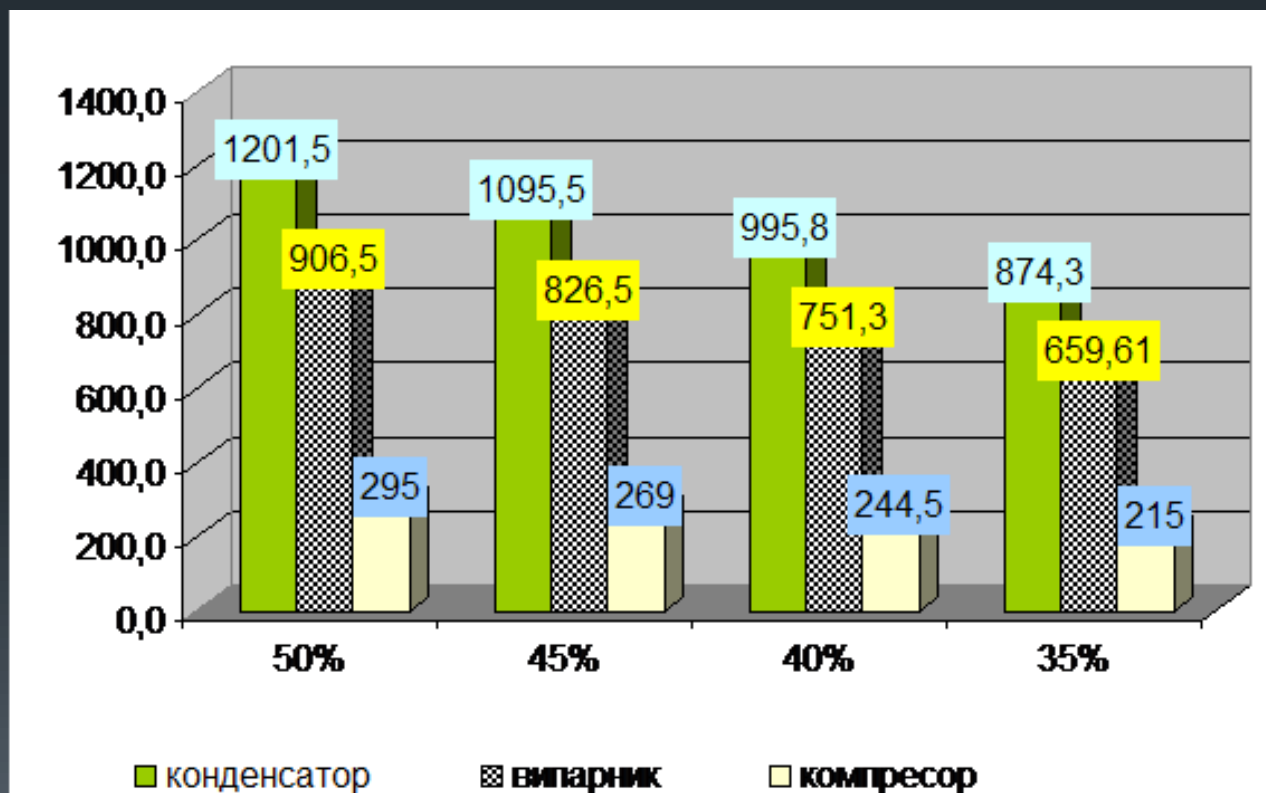
## Теплові потужності конденсатора ТНУ, системи охолодження та утилізаторів КТНУ, в залежності від частки використання потужності КУ, кВт



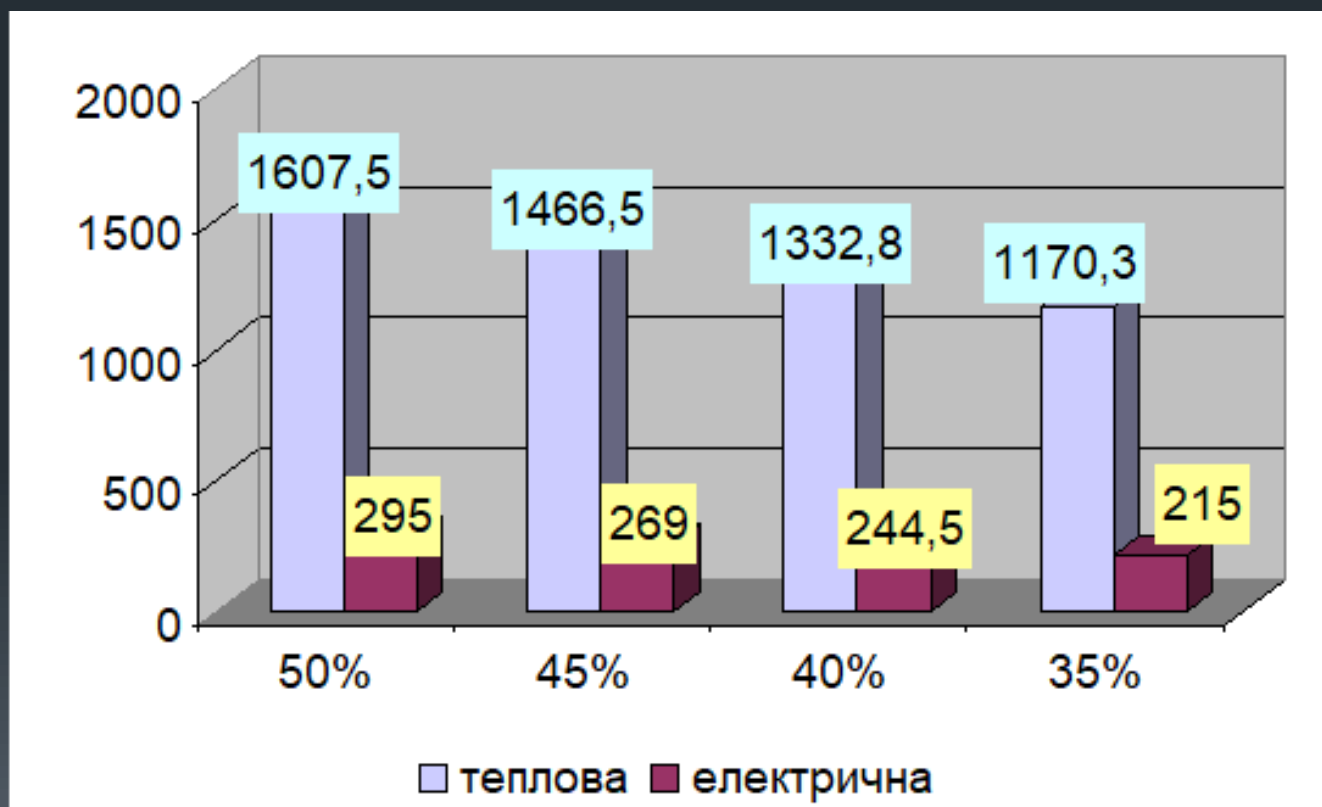
## Показники енергетичної та економічної ефективності варіантів теплової схеми котельні з КТНУ в залежності від частки використання потужності КУ



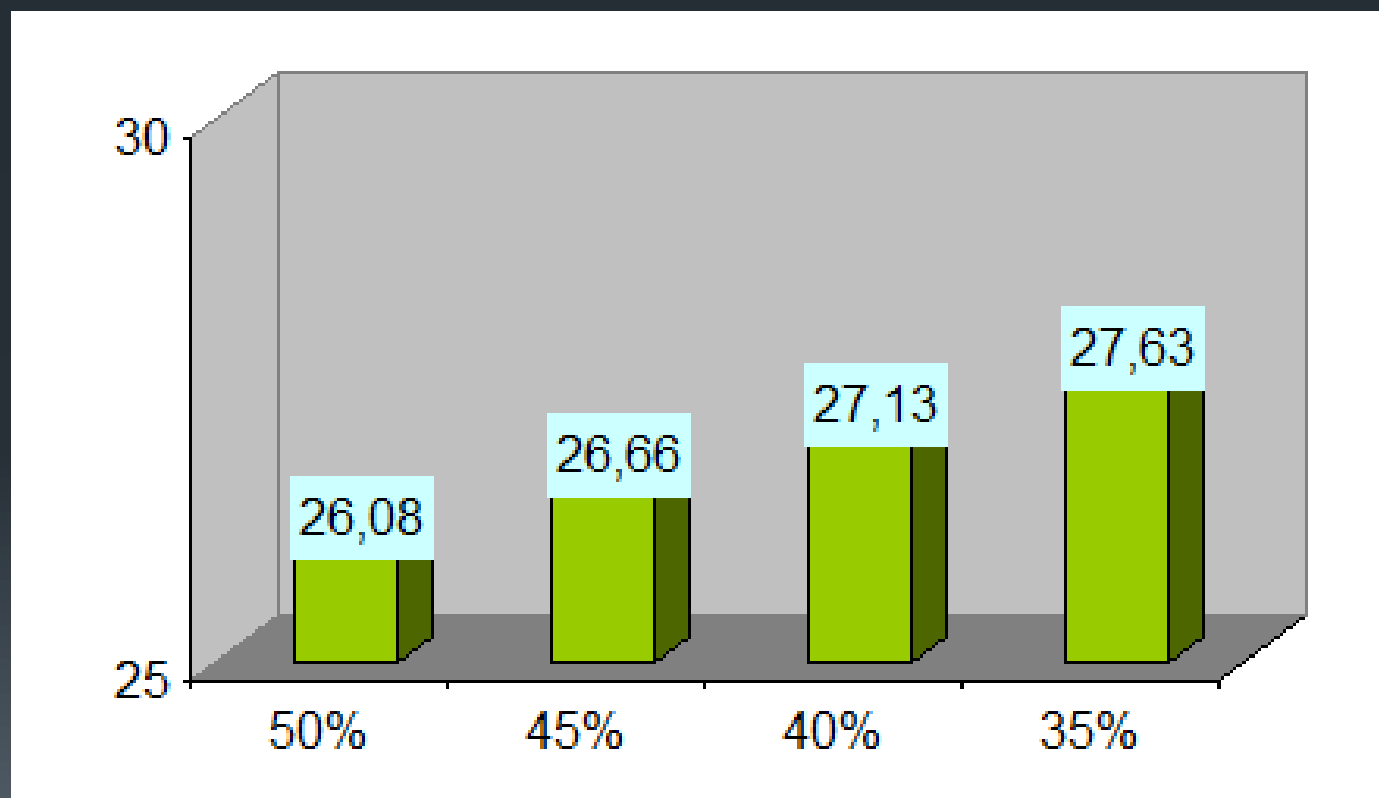
Значення потужностей конденсатора, випарника та компресора КТНУ для режимів роботи теплової схеми котельні в залежності від частки використання потужності КУ



Значення теплової та електричної потужностей КТНУ в залежності від частки використання потужності КУ, кВт

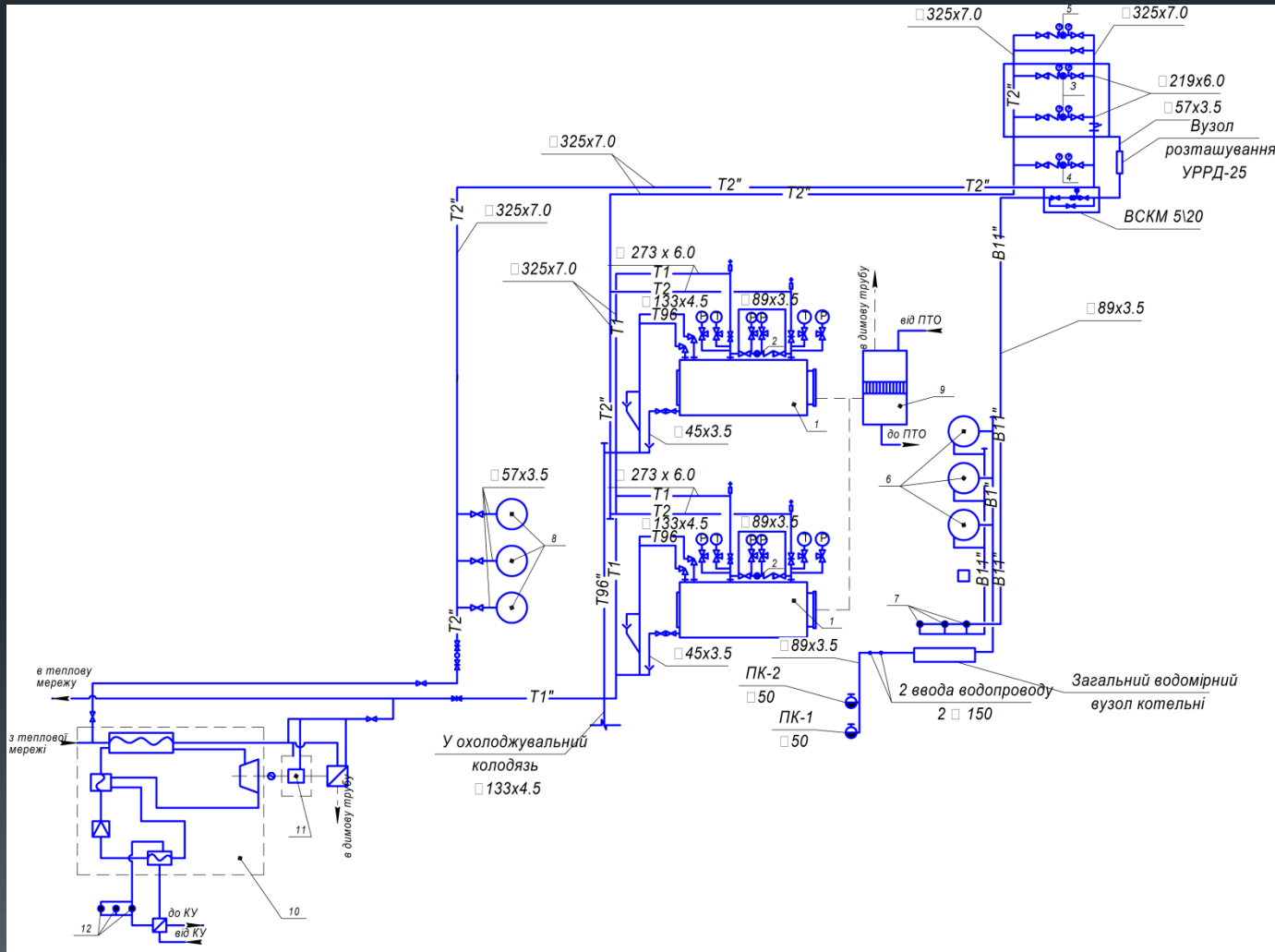


Значення економії робочого палива від застосування КТНУ для теплової схеми в залежності від частки використання потужності КУ, %

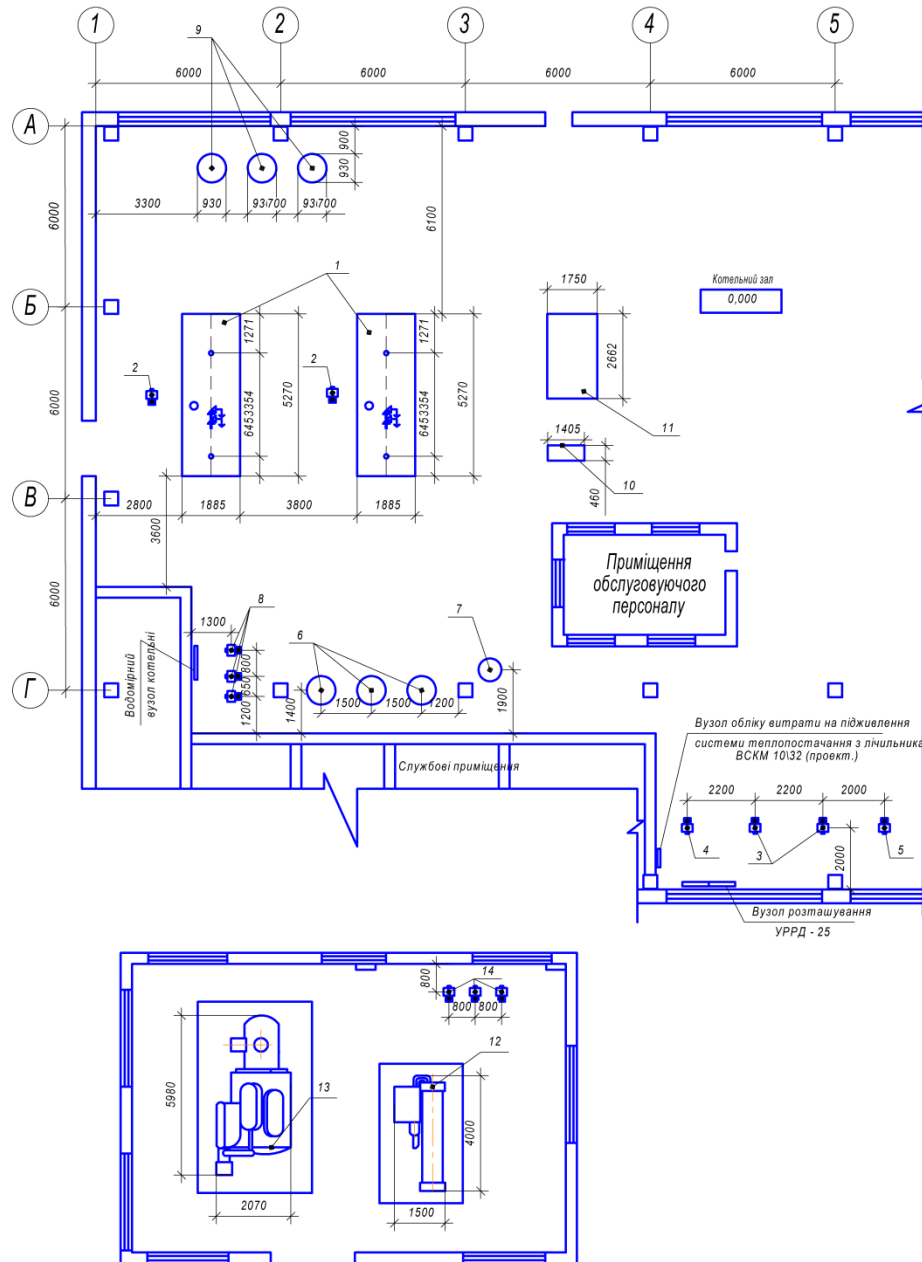




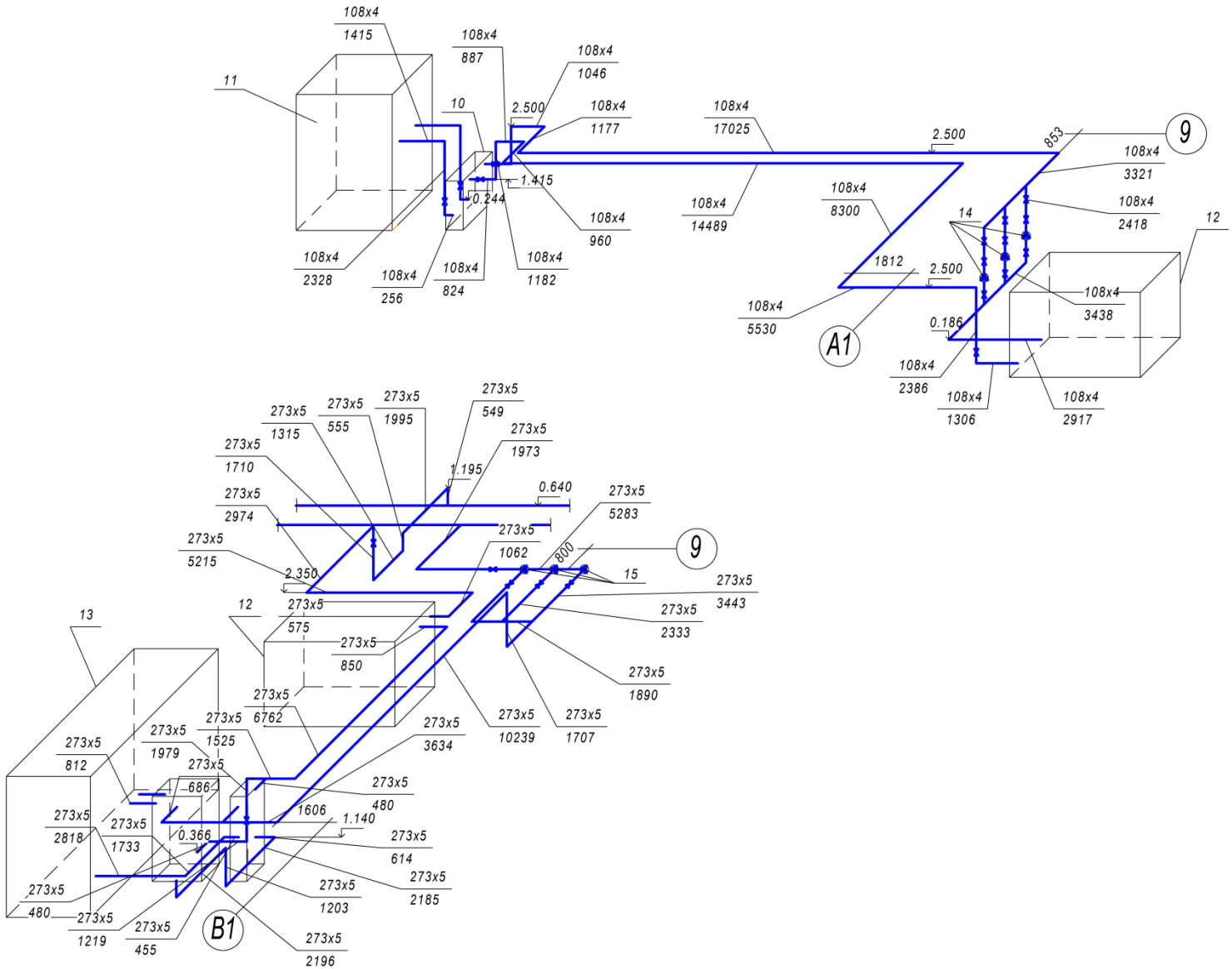
# Теплова схема котельні з КТНУ



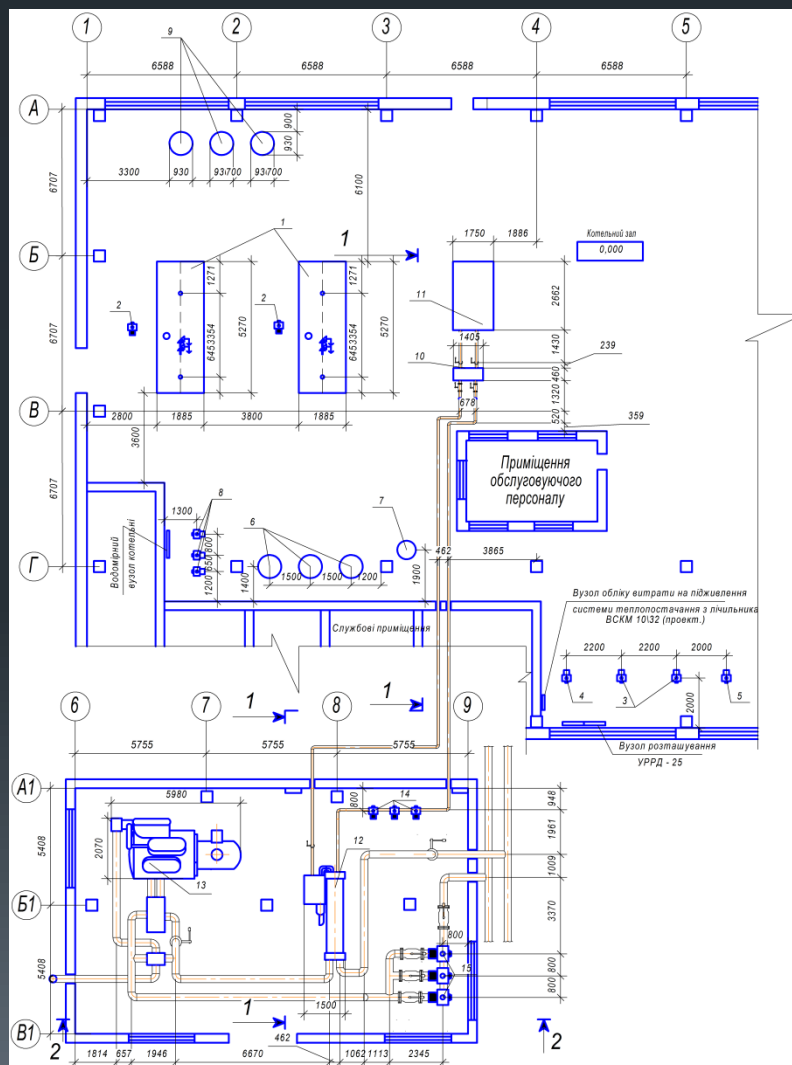
# План котельні з КТНУ



# Аксонетрична схема монтажу КТНУ

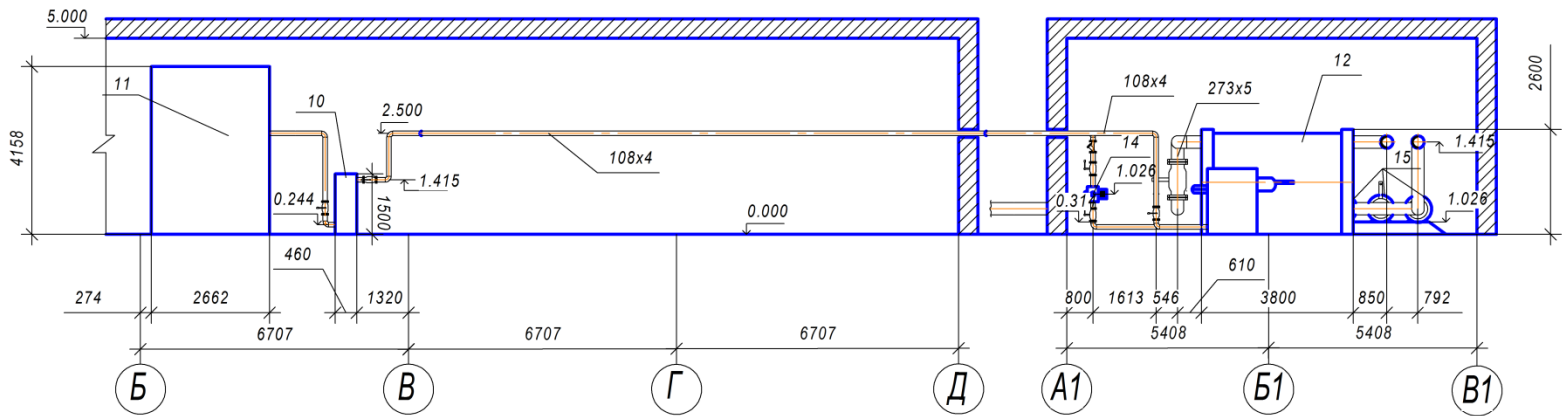


# План розташування обладнання та трубопроводів КТНУ

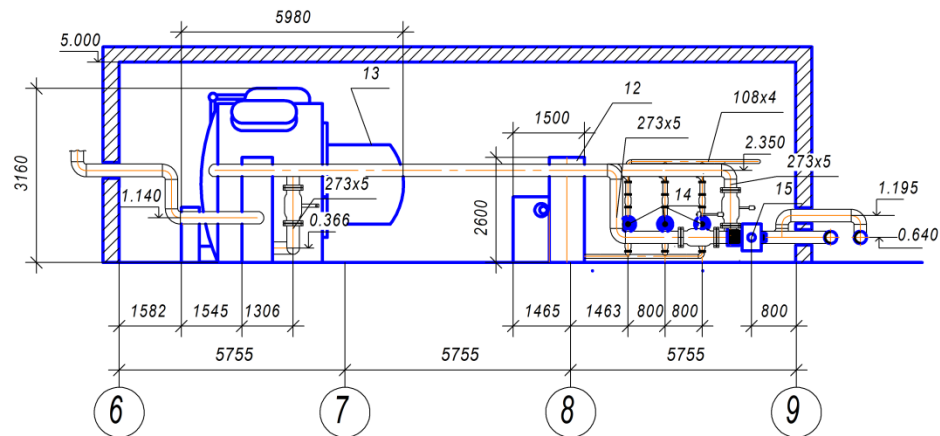


# Розрізи 1-1 та 2-2

### Розріз 1-1



### Розріз 2-2



# Календарний план монтажу КТНУ

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ ТЕПЛОАСОСНОЇ УСТАНОВКИ

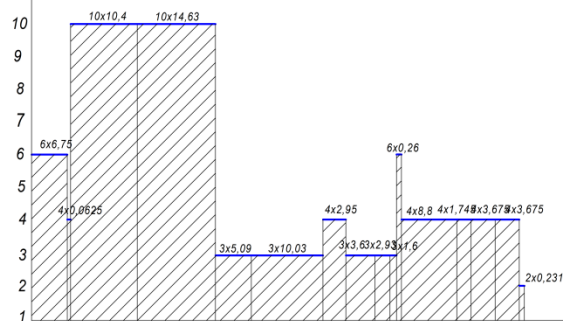
№ п/п	Найменування робіт	Обин. вим.	Об'єми	Норма часу люд/год	Трудо- міст- кість	Склад бригади	К-сть чоловік	Трива- лість	2019																			
									Вересень				Жовтень				Листопад				Грудень							
									2-6	9-13	16-20	23-27	2-6	9-13	16-20	23-27	30-3	6-10	13-17	20-24	27-1	4-8	11-15	18-22	25-29			
1	Доставлення деталей до місць монтажу	т	108.1	3	40,53	4 робітнич. 2 воїди	6	6,75	6х6,75																			
2	Розмітка місць прокладання трубопроводу	100 м	1,54	1,3	0,25	Монтажники 5 розряд - 2, 3 розряд - 2	4	0,0625	4х0,0625																			
3	Монтаж теплового насосу NT-1000	шт	1	833	104,13	Монтажники 3р-4, 4р-4, 7р-2	10	10,4	10х10,4																			
4	Монтаж дизелю-генератора ДДГА800	т	22	54,2	146,3	Монтажники 3р-4, 4р-4, 7р-2	10	14,63	10х14,63																			
5	Монтаж КТАН-утеплювача	т	2,556	47,6	15,27	Монтажники 3р-1, 4р-1, 5р-1	3	5,09	3х5,09																			
6	Прокладання водозопровідних трубопроводів діаметром 273 мм	0,7428	324,72	30,15		вл. зв. 5р-1, 5р-1, сл.-сантехнік 4р-3	3	10,03	3х10,03																			
7	Прокладання водозопровідних трубопроводів діаметром 108 мм	0,8004	118,4	11,8		вл. зв. 5р-1, 5р-1, сл.-сантехнік 4р-2	4	2,95	4х2,95																			
8	Встановлення запірної арматури 273 мм	10 шт	0,6	144	10,8	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	3,6	3х3,6																			
9	Встановлення запірної арматури 108 мм	10 шт	1,1	64	8,8	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	2,93	3х2,93																			
10	Встановлення зворотного клапана 108 мм	10 шт	0,3	128	4,8	Монтажники 5р-1, 4р-1, 3р-1	3	1,6	3х1,6																			
11	Випробування трубопроводів	100 м	1,54	8,22	1,58	Монтажники 3р-2, 4р-2, 3р-2	6	0,26	6х0,26																			
12	Ізоляція трубопроводів діаметром 273 мм	10 м	7,428	37,9	35,2	Слюсар 4,2 розряд	4	8,8	4х8,8																			
13	Ізоляція трубопроводів діаметром 108 мм	10 м	8,004	6,98	6,98	Слюсар 4,2 розряд	4	1,745	4х1,745																			
14	Монтаж циркуляційного насоса GLONG GHE-15-80	шт	3	39,2	14,7	Монтажники 3р-2, 4р-2	4	3,675	4х3,675																			
15	Монтаж циркуляційного насоса GLONG GHE-125-25-11	шт	3	39,2	14,7	Монтажники 3р-2, 4р-2	4	3,675	4х3,675																			
16	Кінцева перевірка системи і здача в експлуатацію	0,0 м	1,54	2,4	0,462	Слюсар-сантехнік 3р-1, 5р-1	2	0,231	2х0,231																			

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№	Позначення	Формула	Результат	Од. виміру
1	$Q_{заг.}$	$Q_i$	438,7	люд/дні
2	$T_{заг.}$	-	73,5	дні
3	$R_{max}$	-	10	люд
4	$R_{сер}$	$Q_{заг.} / T_{заг.}$	6	люд
5	$T_{вст.}$	-	7,6	дні
6	$\pm_1$	$R_{сер} / R_{max}$	0,6	-
7	$\pm_2$	$T_{вст.} / T_{заг.}$	0,1	-

R, роб

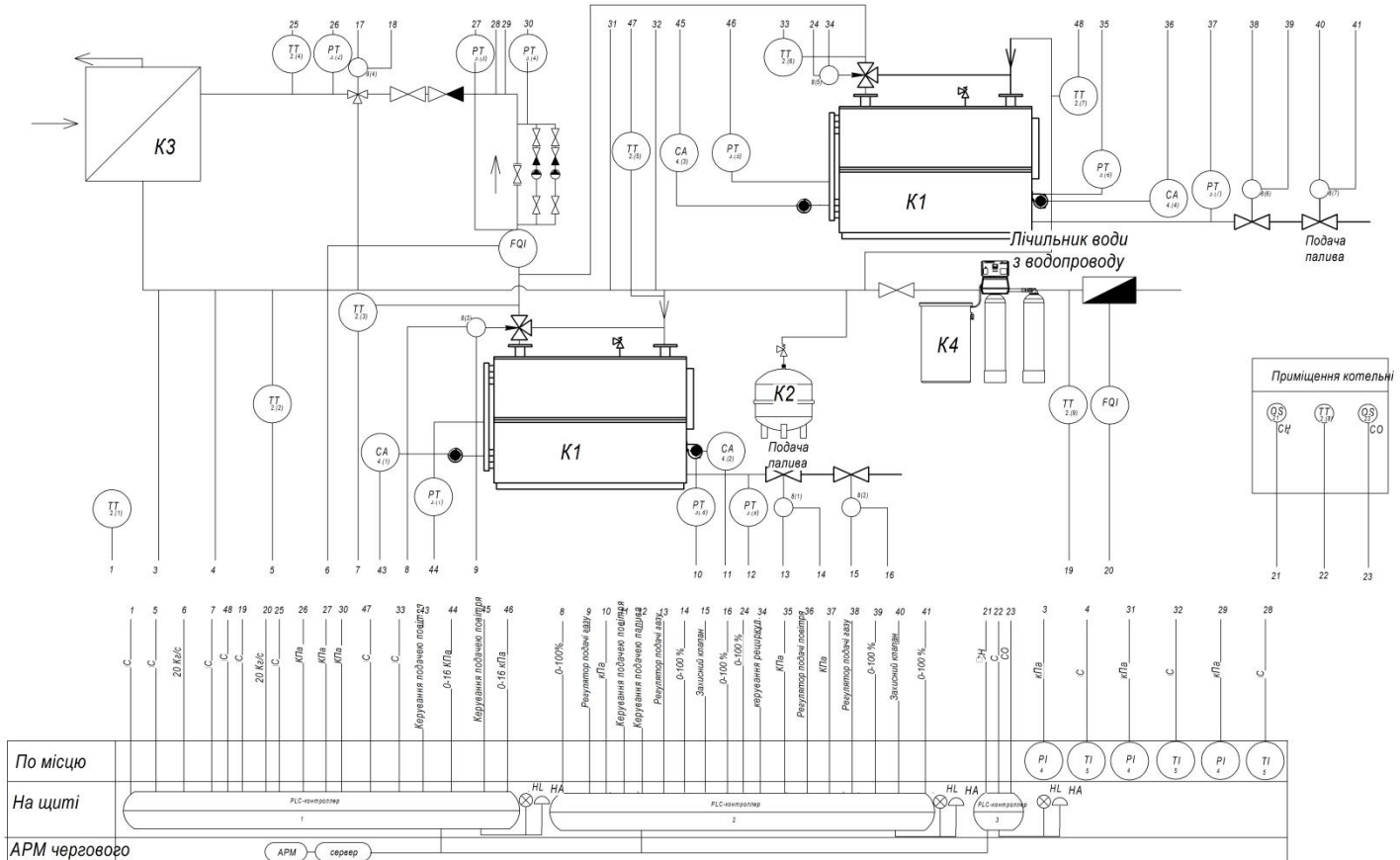
ГРАФІК РУХУ РОБІТНИКІВ



ГРАФІК РОБОТИ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

Машини та механізми	Тривалість роботи (дні)
ТОНАР 45252	4,75   3,67
КАМАЗ КС-5572	11,17   27,63
Tesla Weld	41,1
ММА 230	
MAKITA GAS030	0,045

# Функціональна схема автоматизації котельні



## Умовні позначення

- K1 Котел
- K2 Мембранний бак
- K3 Система опалення
- K4 Система хімічного очищення води з водопроводу

## ПОРІВНЯННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

24

Показники	Одиниці вимірювання	Варіант	
		Базовий варіант теплової схеми	Теплова схема з КТНУ
Річна витрата робочого палива	тис.м <sup>3</sup> /рік	4719	3667
Економія робочого палива	%	--	26,66
Витрата коштів на паливо	грн/рік	45044704,79	34998814,5
Економічна ефективність	млн. грн	--	2,57
Капіталовкладення	млн. грн	--	9,98
Термін окупності	рік	--	3,88



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

- Дослідження проведено методом числового експерименту, визначено енергетичну та економічну ефективність теплової схеми котельні з КТНУ. Енергоефективні та економічно обґрунтовані режими роботи теплової схеми котельні з КТНУ визначалися за розробленою програмою розрахунку ефективності теплових схем котельних 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 КТНУ, з використанням показників ефективності КТНУ, з метою визначення режимів енергоефективної експлуатації та економічно обґрунтованих режимів роботи теплової схеми котельні з КТНУ. Дістали подальший розвиток методи прогнозування умов енергетично та економічно ефективної інтеграції теплових схем водогрійних котельних з КТНУ в муніципальну теплоенергетику в частині визначення оптимальних енергоекономічних умов застосування КТНУ в теплових схемах водогрійних котелень.
- Встановлено енергетичний та економічний ефект від застосування КТНУ в тепловій схемі котельні.

- Практичні рекомендації по застосуванню КТНУ в тепловій схемі котельні містять: оцінку ефективності варіантів застосування КТНУ в тепловій схемі котельні з обґрунтуванням вибору енергоефективних та економічно обґрунтованих умов застосування КТНУ в тепловій схемі котельні для теплопостачання, розробку технології монтажу і автоматизації обладнання для обраного варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні.
- За обраним варіантом модернізації теплової схеми з встановленням КТНУ в тепловій схемі котельні було підібрано теплонасосне та когенераційне обладнання.

- У разі застосування обраного варіанту ТСВК з КТНУ будуть забезпечені енергоефективні та економічно обґрунтовані змінні режими роботи з комбінованим сезонним використанням низькотемпературної теплоти промислових та природних джерел: сезонна економія робочого палива котельнею з КТНУ буде змінюватись в межах 19,77...34,46%, річна економія робочого палива котельнею з КТНУ становитиме 26,67%. Для цього варіанту застосування КТНУ в тепловій схемі котельні буде забезпечено економію коштів котельнею в обсязі 2,57 млн. грн./рік
- У випадку застосування КТНУ в тепловій схемі котельні забезпечується зниження собівартості теплової енергії після модернізації теплової схеми. За результатами техніко-економічного аналізу визначено, що ткапіталовкладення в нове обладнання КТНУ становитимуть 9,98 млн. грн., термін окупності нового обладнання становитиме 3,88 року.