



Енергоефективна система опалення з тепловим  
насосом житлової будівлі в  
м. Миколаїв

Виконав: ст.гр.ТГ-15мі  
Машницький А.О.  
Керівник: доц. Слободян Н.М.

- 
- **Мета дослідження.** Метою роботи є підвищення енергетичної та екологічної ефективності систем теплопостачання шляхом використання повітряних ТН; визначення умов ефективної інтеграції повітряних ТН в системи теплопостачання.
  - **Завдання дослідження:**
    - – визначення раціональних режимів роботи повітряних ТН;
    - – розробка методики оцінки енергетичної та екологічної ефективності повітряних ТН.



**Об'єкт дослідження** – повітряні теплові насоси в системах теплопостачання.

**Предмет дослідження** – енергетична та екологічна ефективність повітряних ТН в системах теплопостачання.

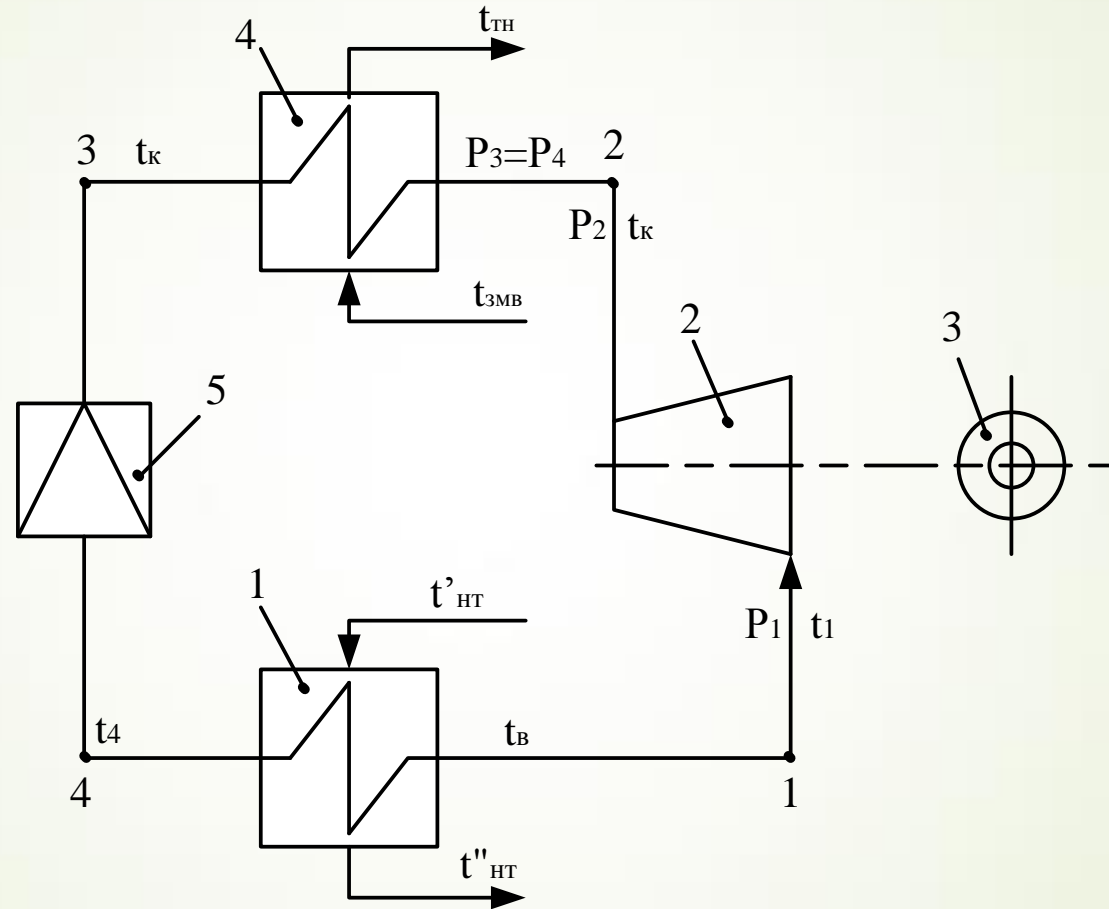
## **Наукова новизна:**

- визначено закономірності впливу температурних рівнів повітряних ТН на енергетичну та екологічну ефективність теплопостачання;
- запропоновано новий підхід для оцінки екологічної ефективності повітряних ТН, що дозволяє визначити зменшення кількості викидів шкідливих речовин за умови використання теплових насосів.



**Практичне значення одержаних результатів.** Визначені та обґрунтовані раціональні температурні режими роботи повітряних ТН. Встановлено енергетичний та екологічний ефект за рахунок інтеграції повітряних ТН в системи теплопостачання.

# Схема теплонасосної установки



1 – випарник; 2 – компресор; 3 – електродвигун; 4 – конденсатор; 5 – дросель

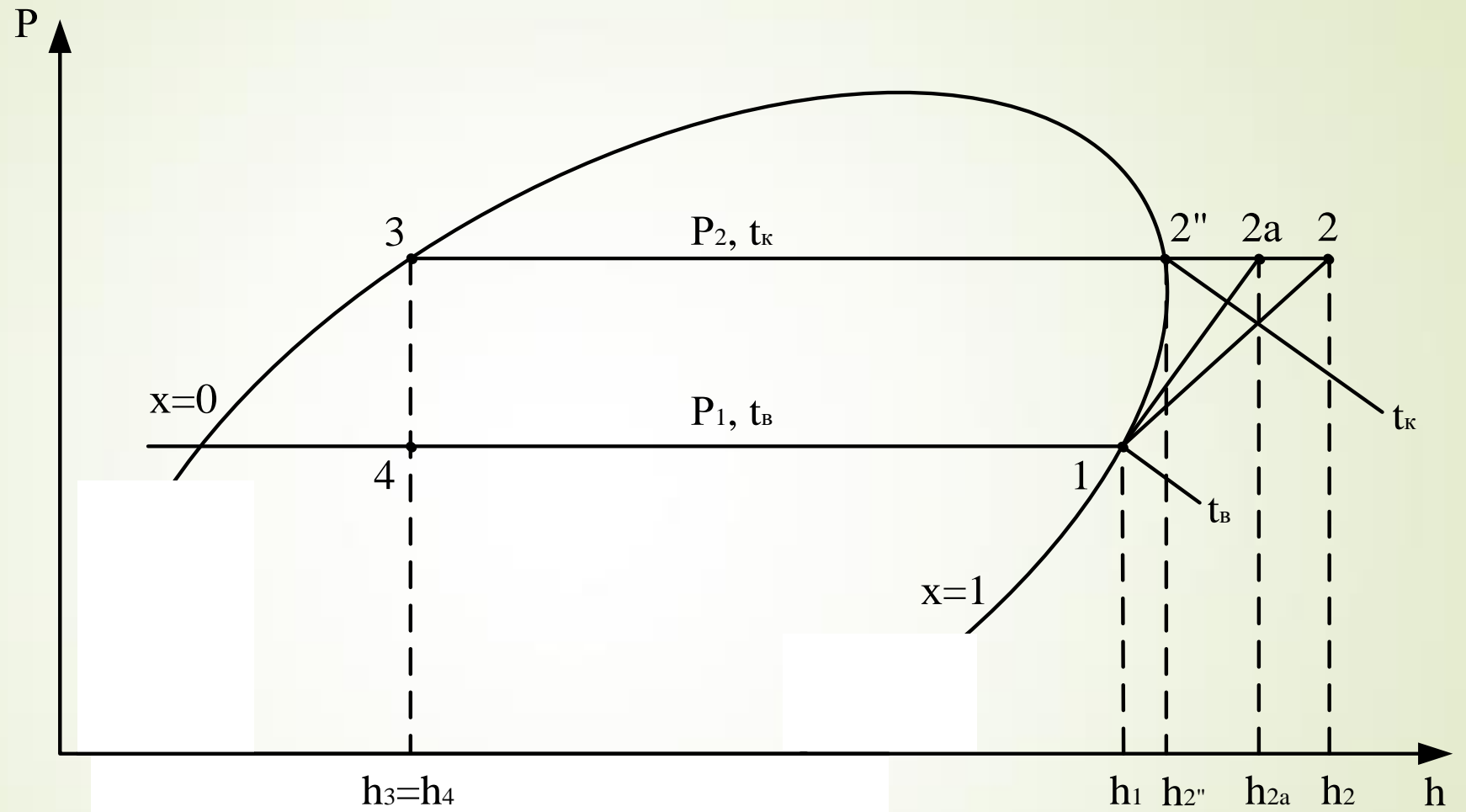
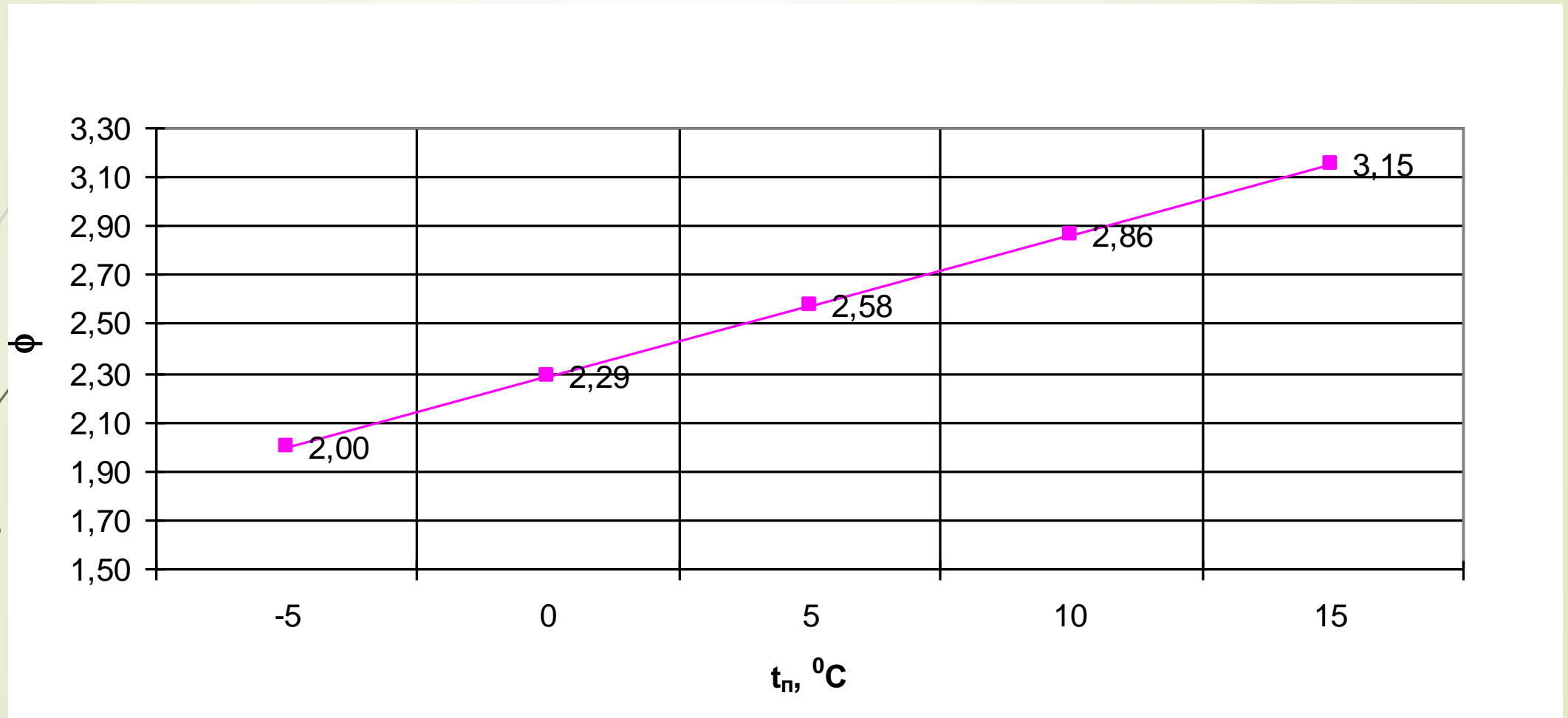


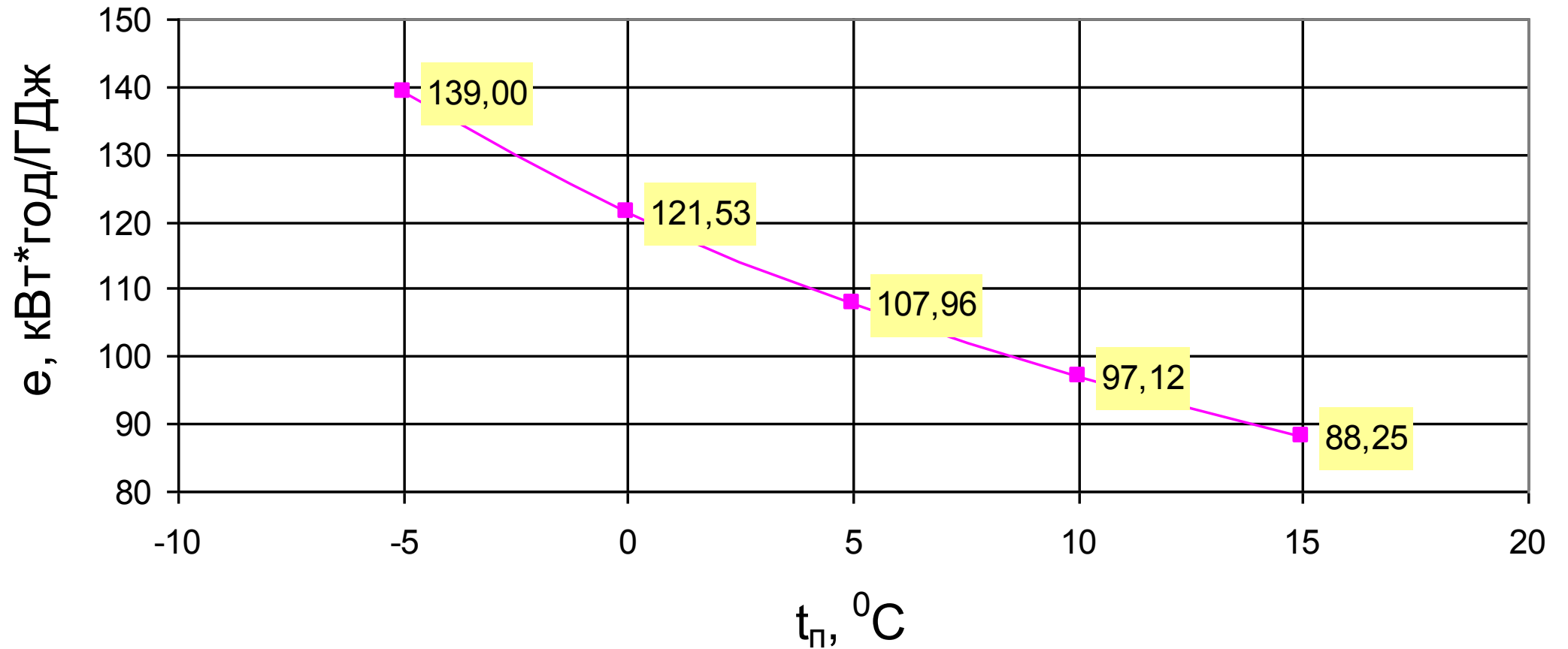
Рисунок 2.3 – Цикл парокompресійної ТНУ на  $P-h$  діаграмі

Значення коефіцієнта перетворення повітряного ТН в залежності від температури повітря, яке подається на випарник

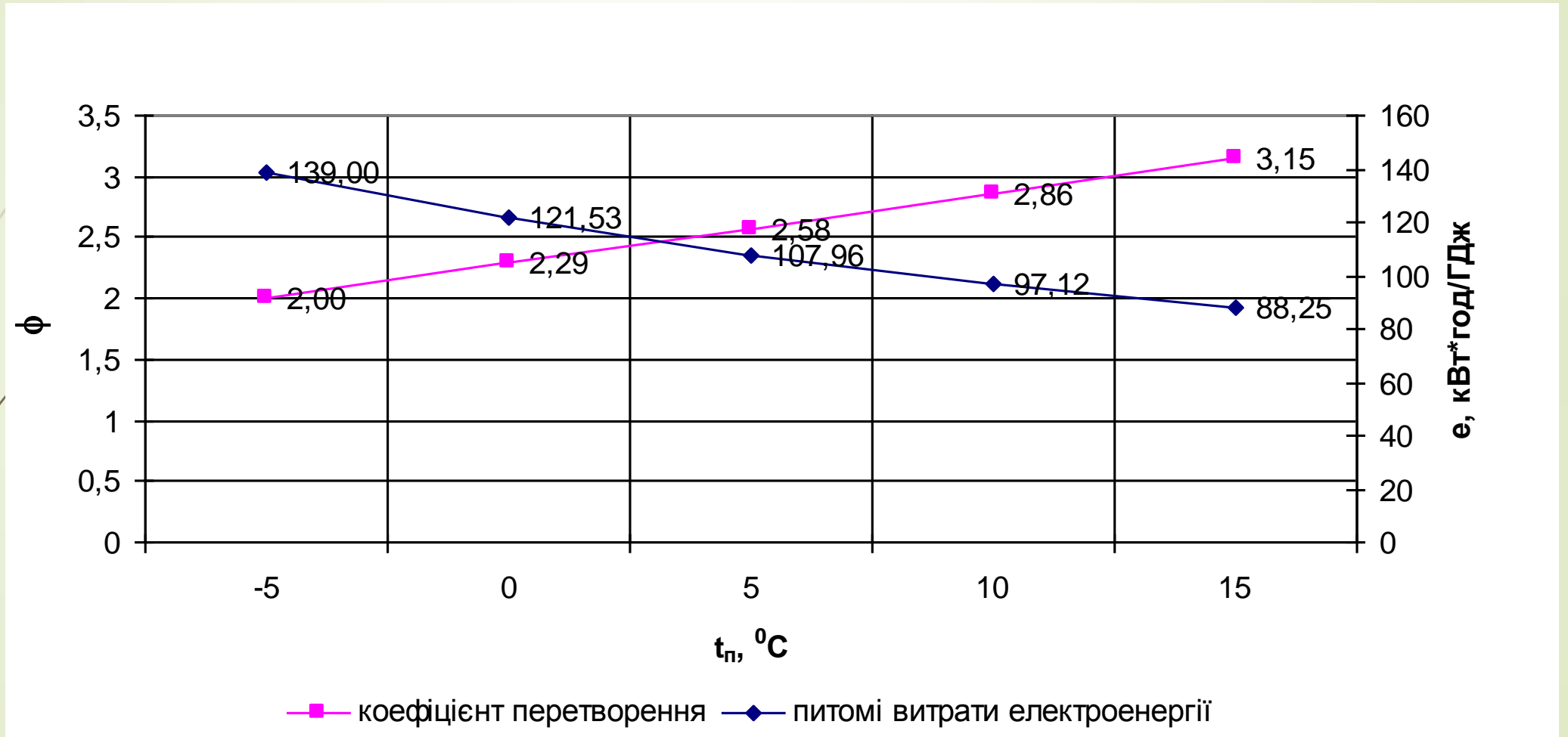




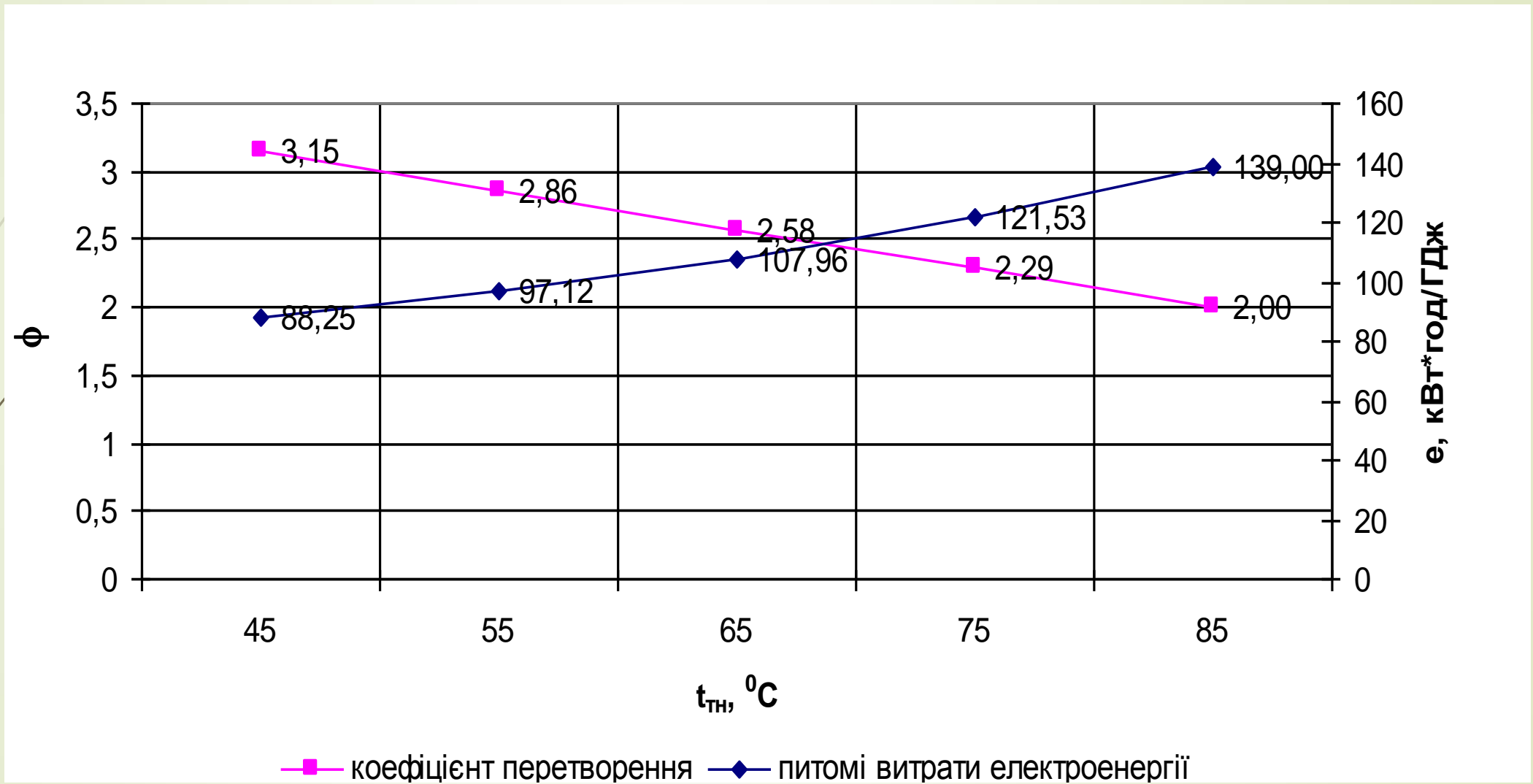
Значення показника питомих витрат електроенергії на одиницю виробленої теплоти в повітряному ТН в залежності від температури повітря



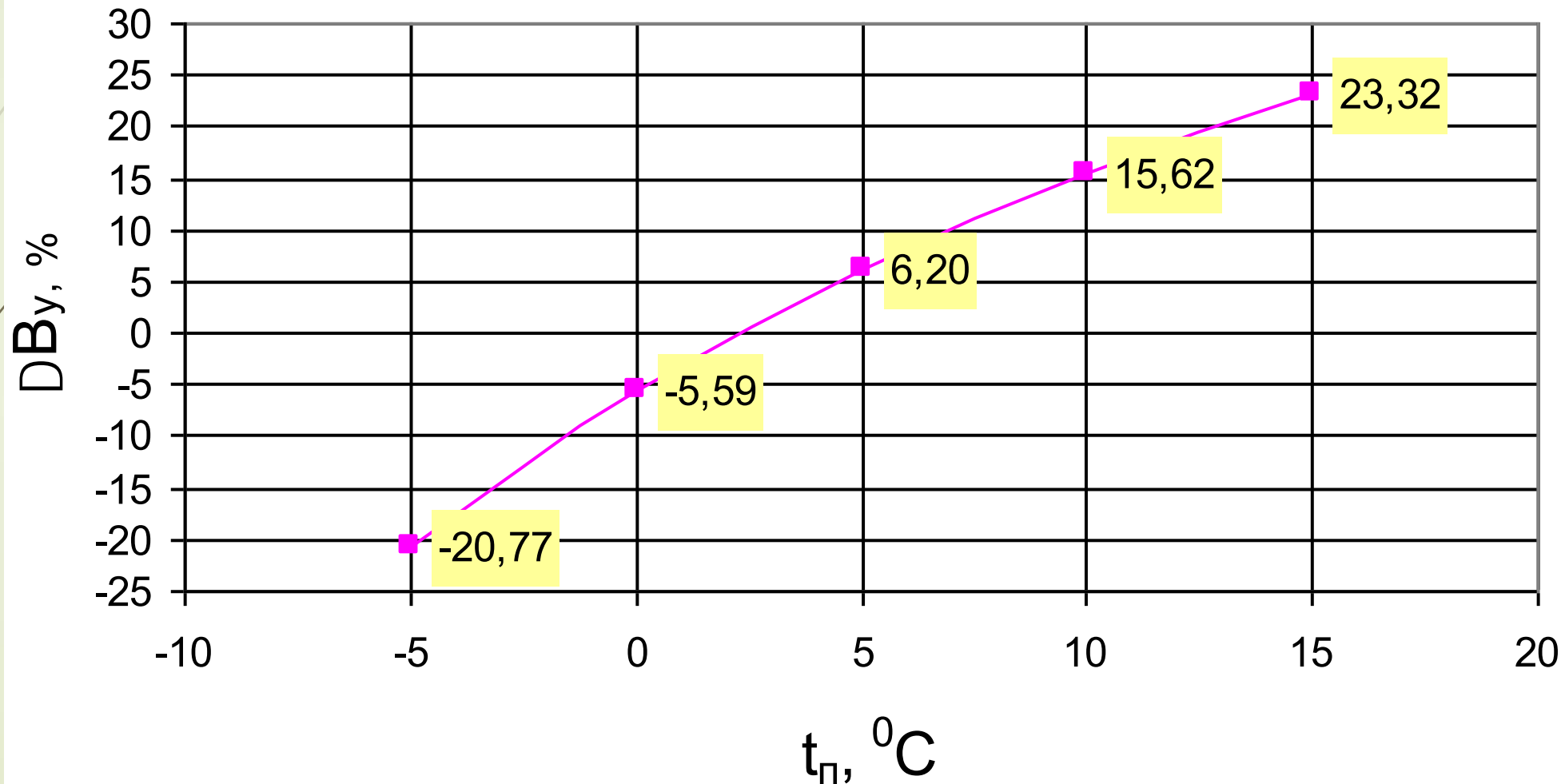
# Залежності показників енергетичної ефективності повітряного ТН від температури повітря



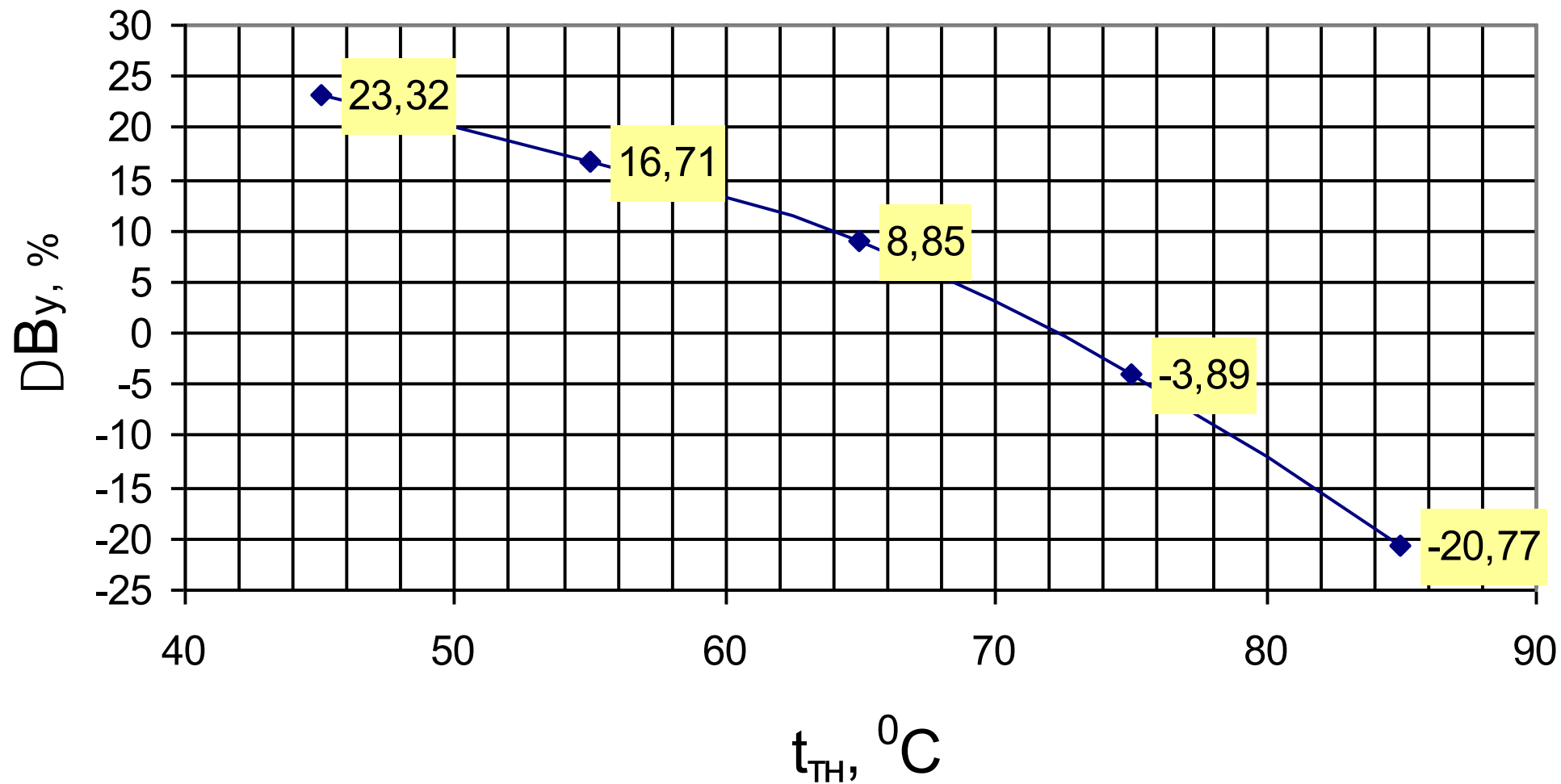
Залежності показників енергетичної ефективності повітряного ТН від температури води на виході з конденсатора теплового насосу



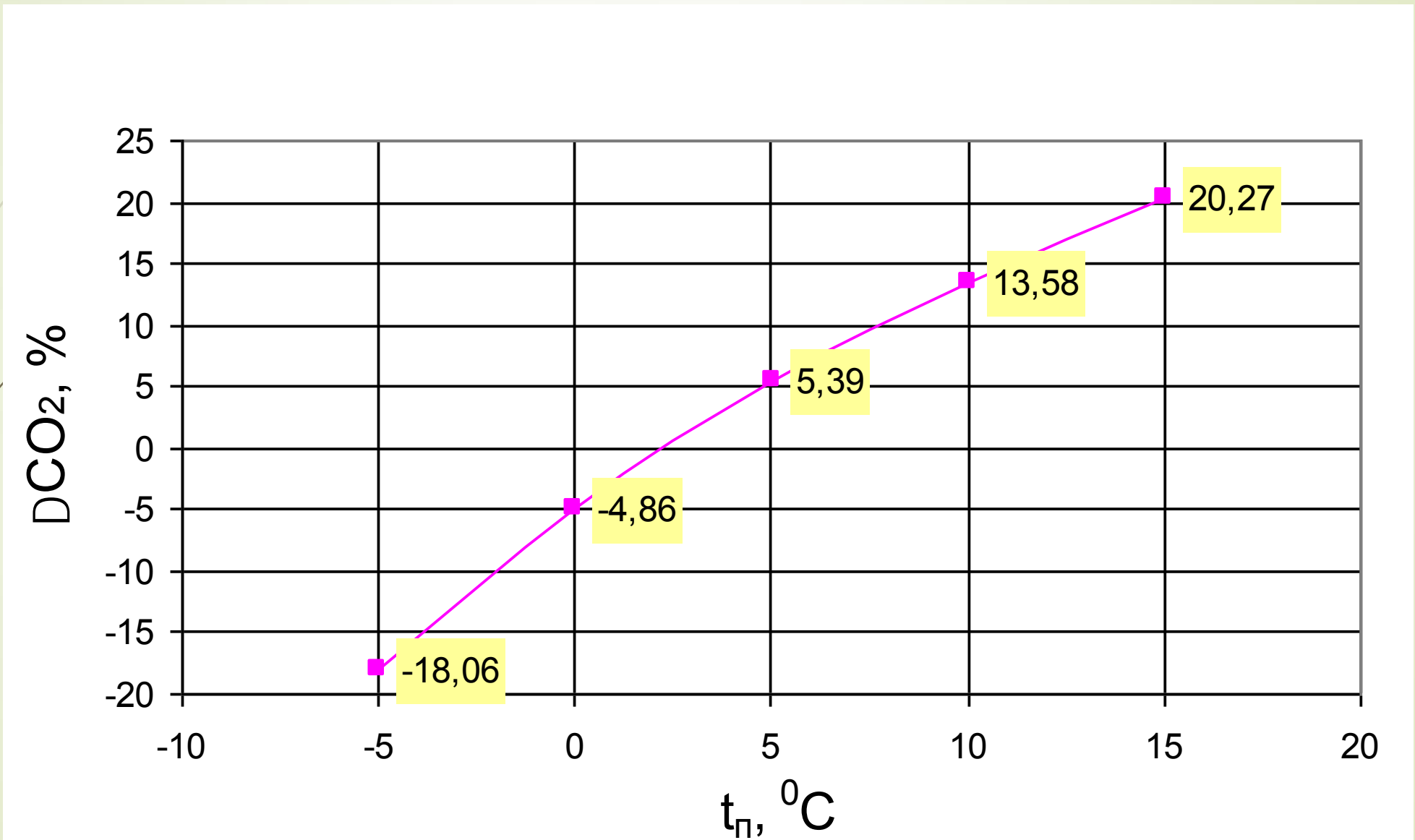
Залежність економії умовного палива (у відсотках) від температури повітря при використанні повітряного ТН з електроприводом



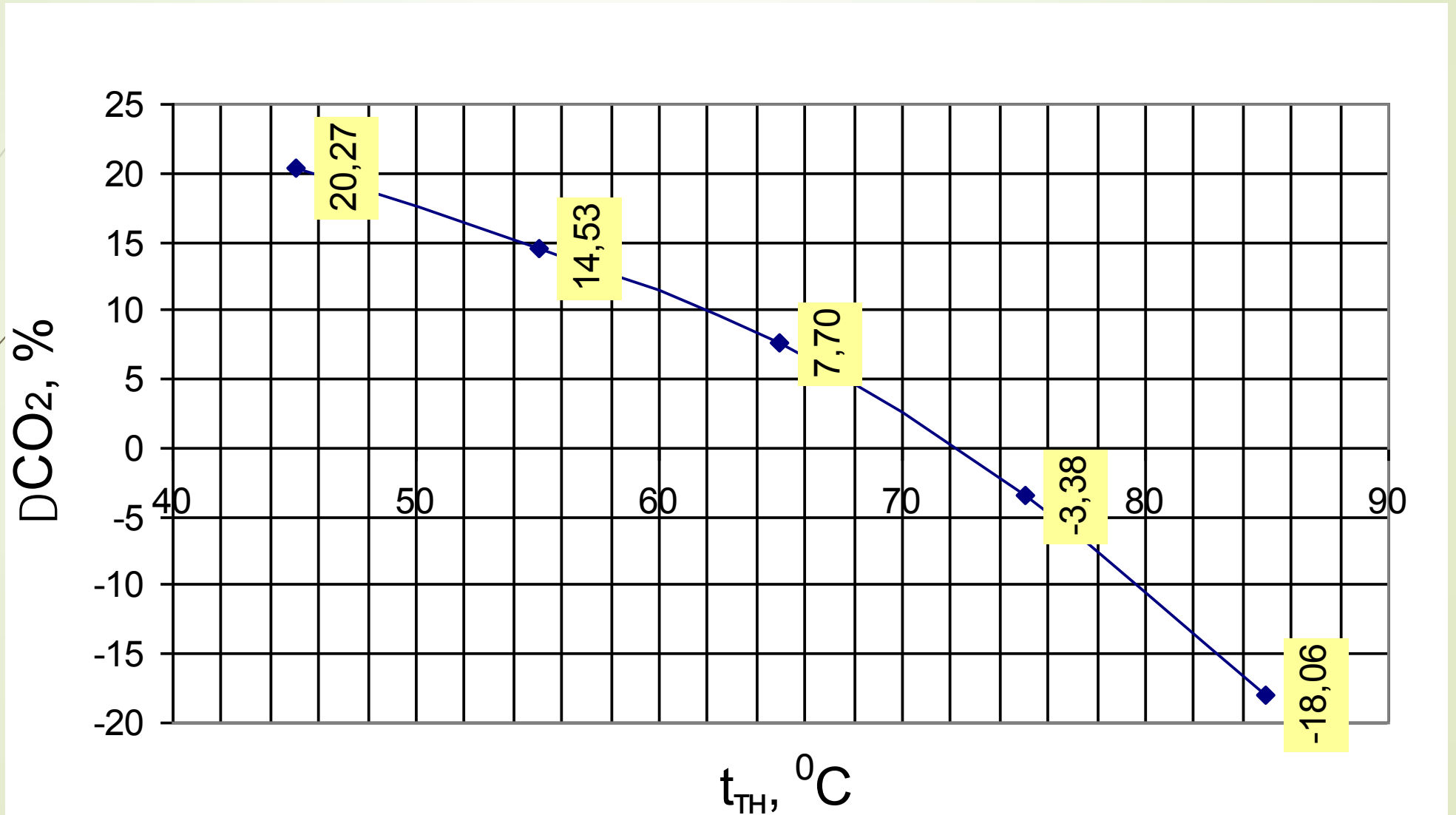
Залежність економії умовного палива (у відсотках) від температури води на виході з конденсатора ТН при використанні повітряного ТН з електроприводом



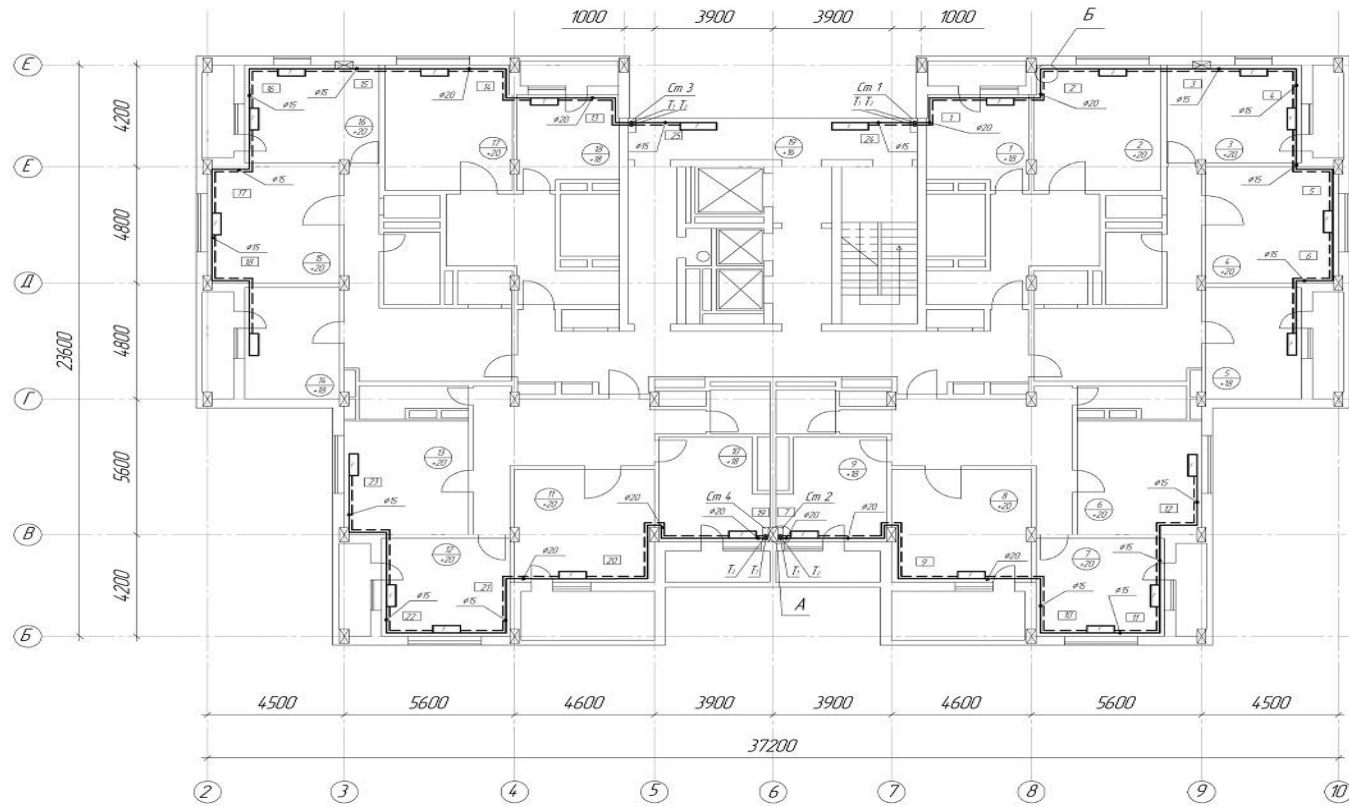
Зниження викидів CO<sub>2</sub> (у відсотках) у разі використання повітряного ТН від температури повітря при використанні повітряного ТН з електроприводом



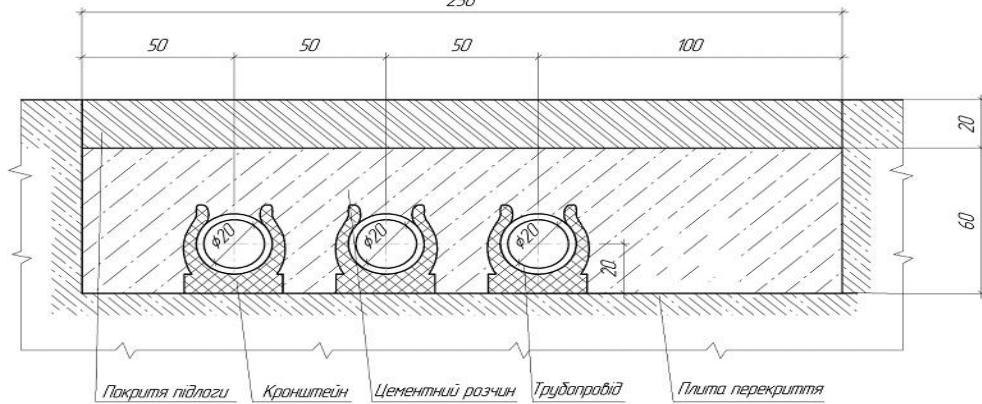
Зниження викидів CO<sub>2</sub> (у відсотках) у разі використання повітряного ТН від температури води на виході з конденсатора ТН при використанні повітряного ТН з електроприводом



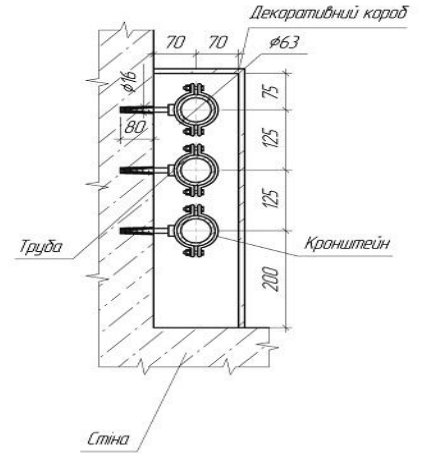
План поверху на відмітці +11,200



Б-Б (1:1)  
250

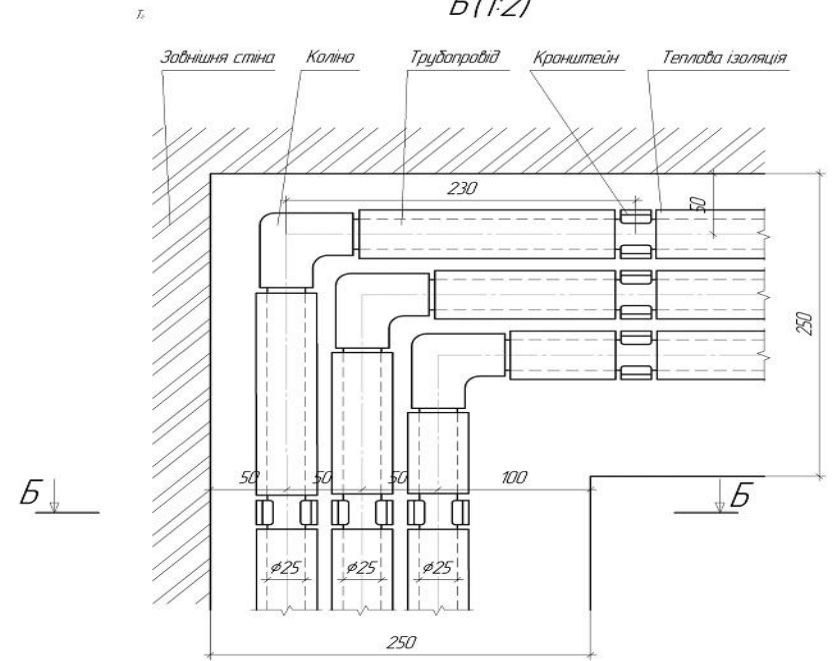


А (1:5)



- фанкойл
- № гідролічної ділянки
- № призначення розрахунку температури
- трубопровід T<sub>1</sub>
- - - трубопровід T<sub>2</sub>

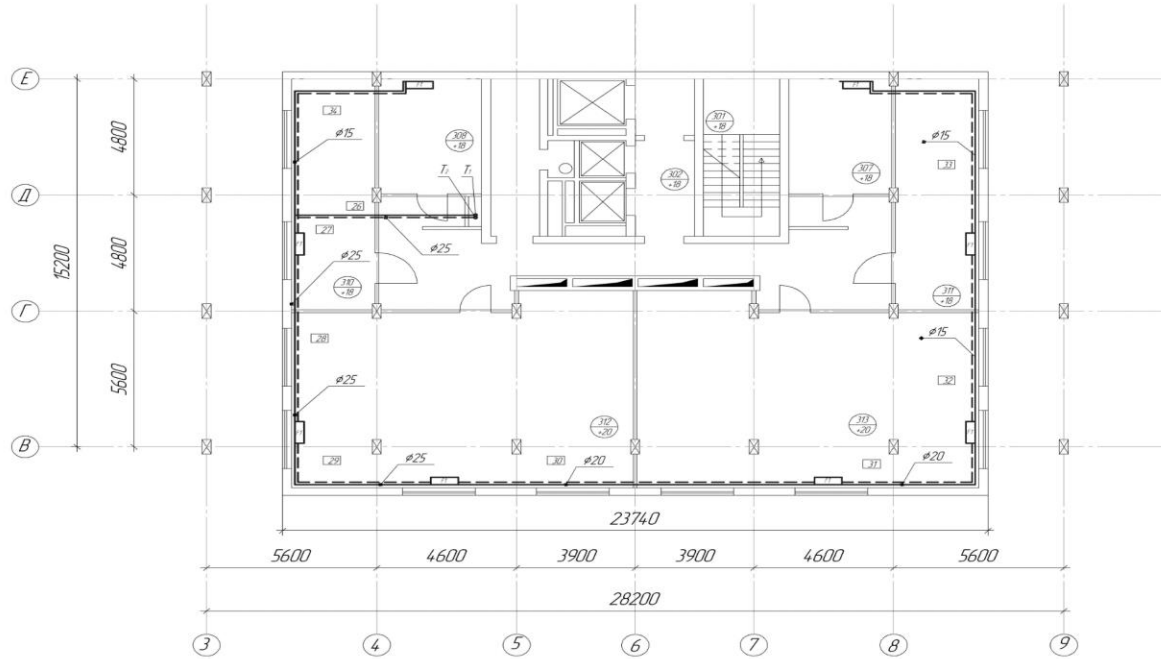
Б (1:2)



Ділянка № 1  
 Арх. № 1882  
 Лист № 01  
 Баж. № 11



План поверху на відмітці +7,600



Аксонетрична схема на відмітці +7,600

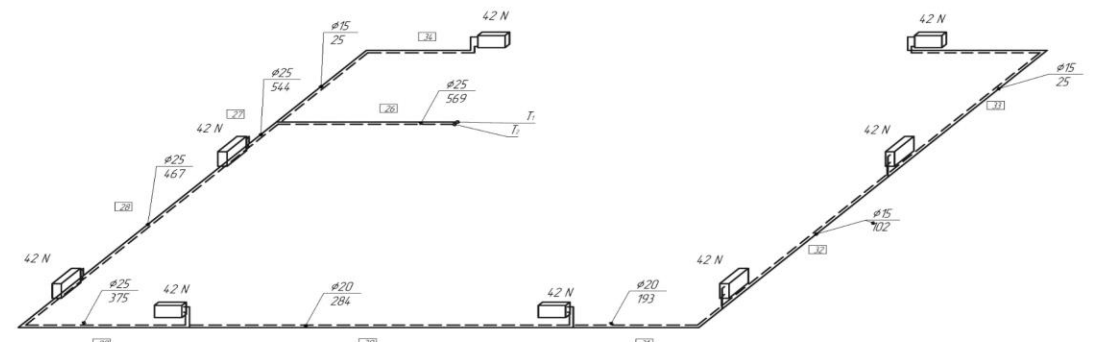
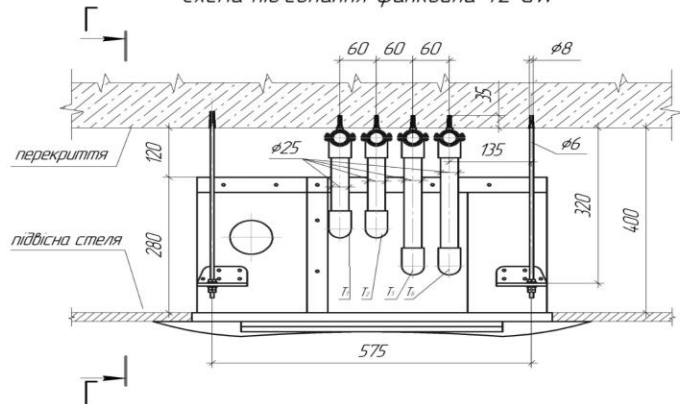
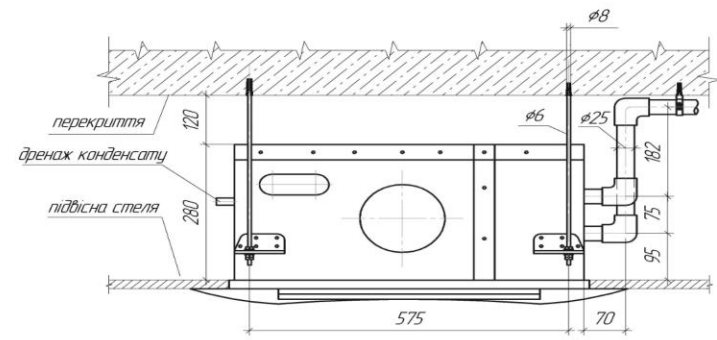


Схема під'єднання фанкойла 42 GW

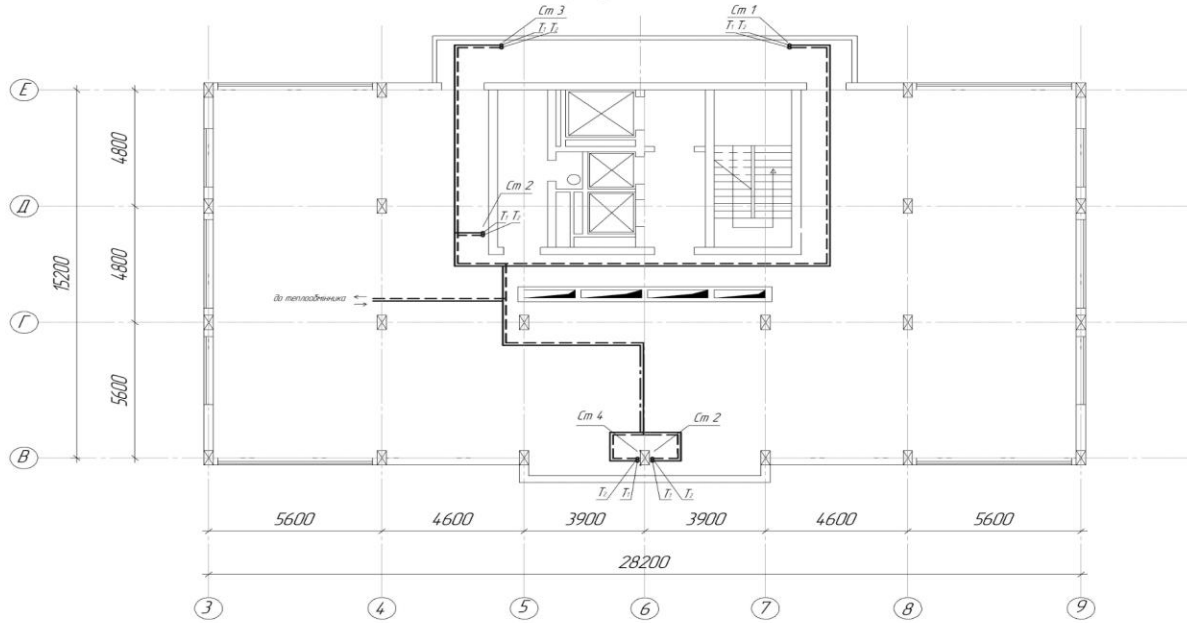


Г-Г

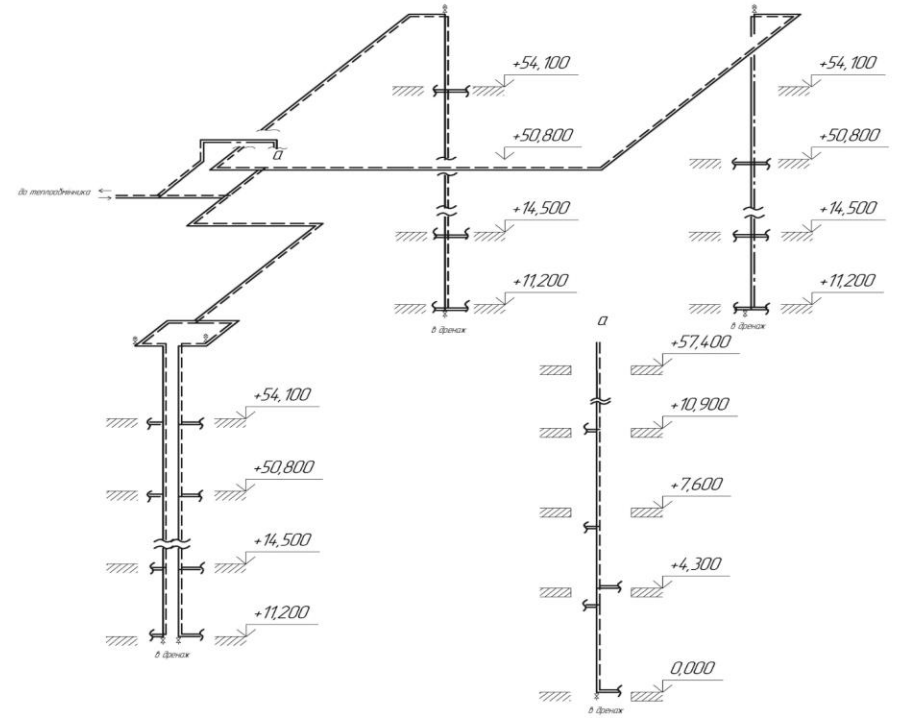


Складовий  
 А.М. П. 2020  
 Під'єдн.

План поверху на відмітці +57,400



Аксонетрична схема стояків



Аксонетрична схема на відмітці +11,200

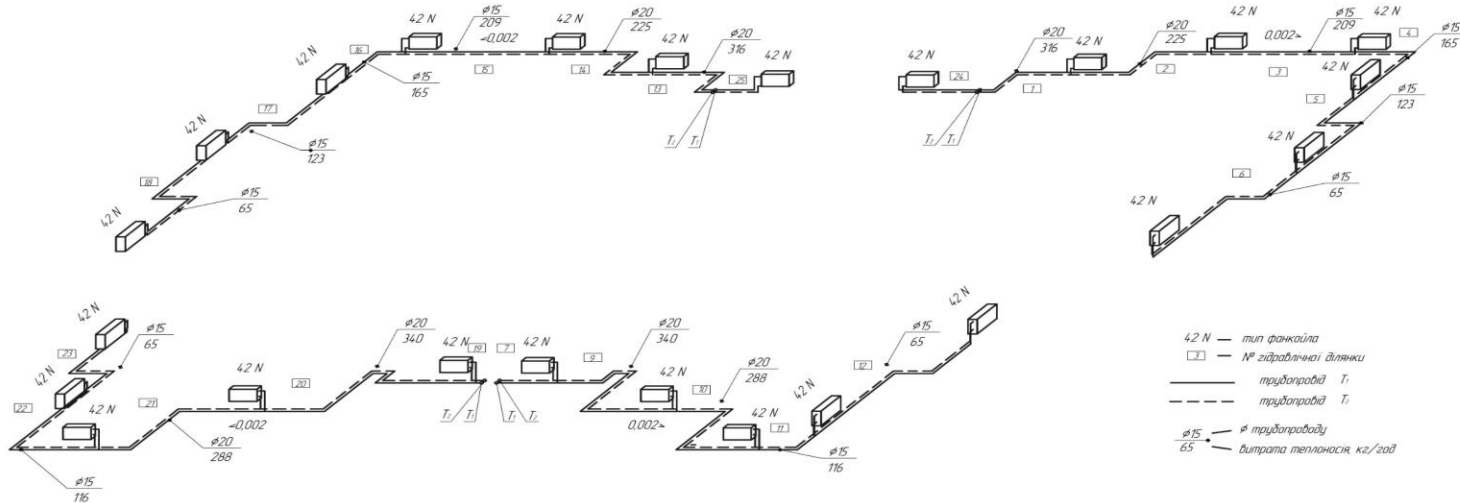
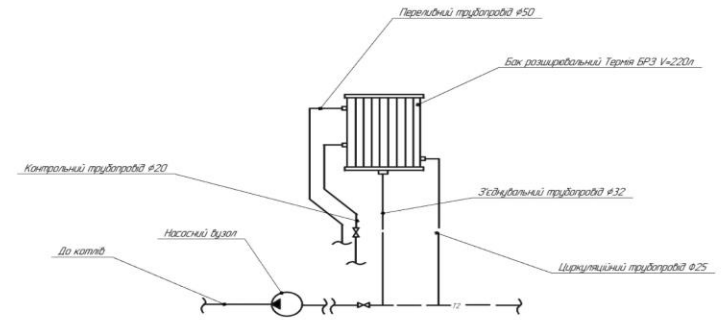
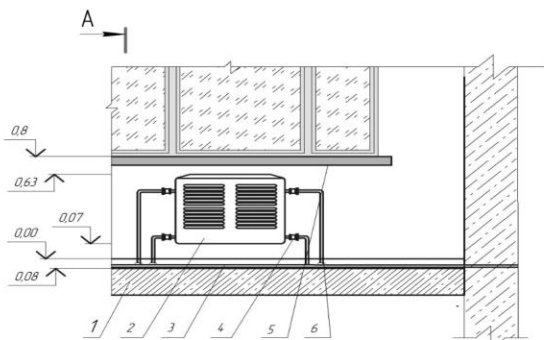


Схема обв'язки розширювального бака



- 4.2 N — тип фанкайла
- — № з'єдвальної ділянки
- трубопровід T<sub>1</sub>
- - - трубопровід T<sub>2</sub>
- φ15 — φ трубопроводу
- 65 — витрата теплоти, кг/год

Схема під'єднання фанкоїла 42N 1:20



- 1 - міжповерхове перекриття;  
 2 - фанкойл;  
 3 - система трубопроводів;  
 4 - муфта;  
 5 - підвіконня;  
 6 - під'єднувальний трубопровід.

A-A (1:5)

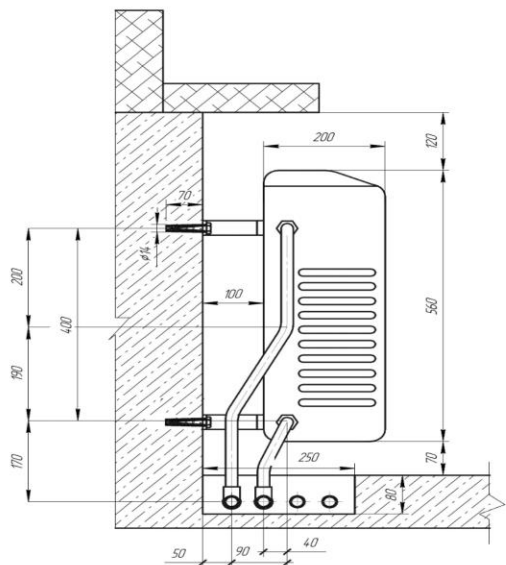


Схема кріплення трубопроводів до стелі

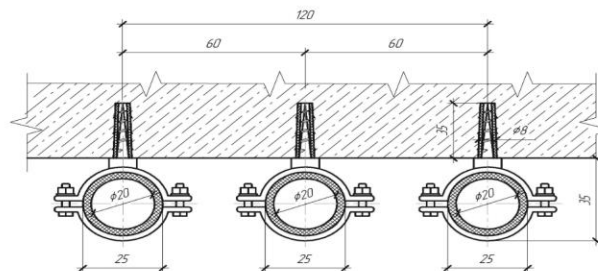
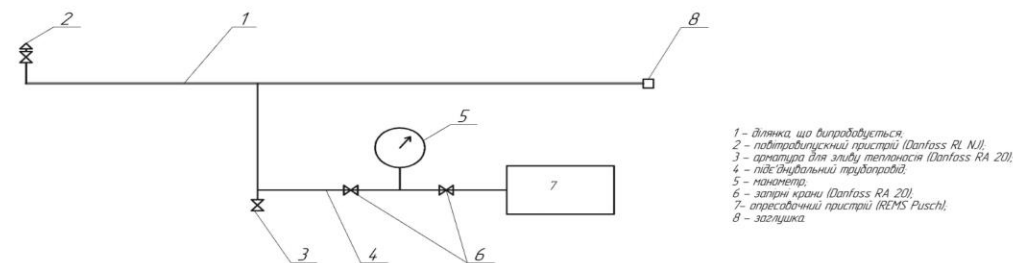
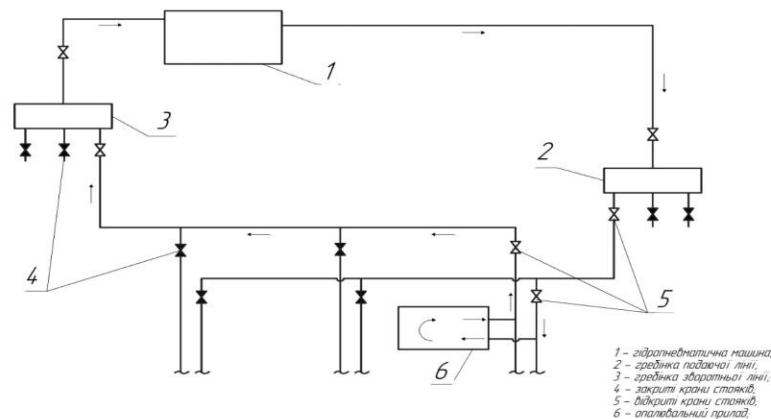


Схема гідравлічного випробування ділянки системи



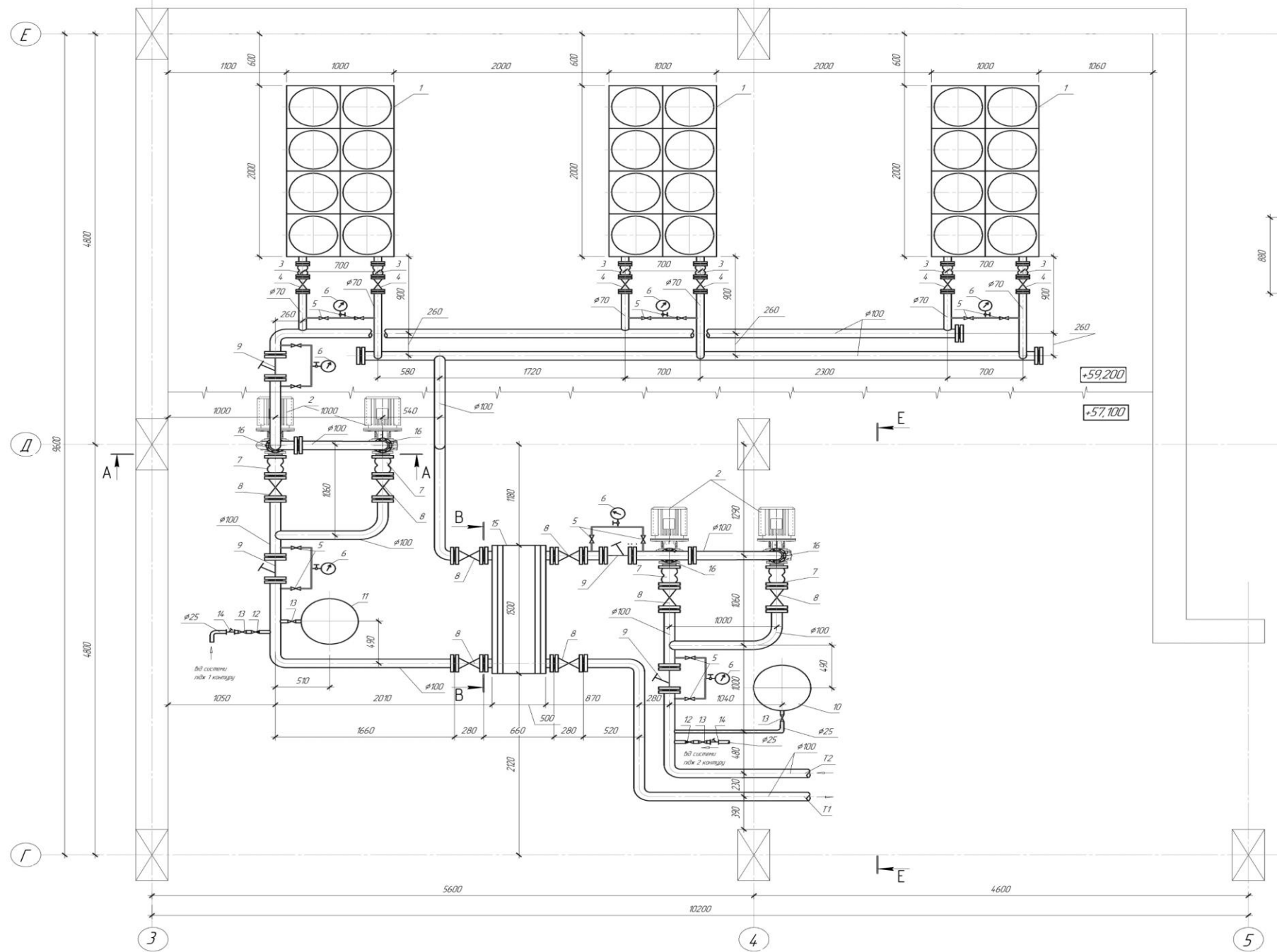
- 1 - ділянка, що випробується;  
 2 - підтислювальний пристрій (Danfoss RI N.);  
 3 - арматура для зливу теплоносія (Danfoss RA 20);  
 4 - під'єднувальний трубопровід;  
 5 - манометр;  
 6 - запірні крани (Danfoss RA 20);  
 7 - опресовувальний пристрій (REMS Pusch);  
 8 - заглушка.

Схема гідропневматичного промивання стояків

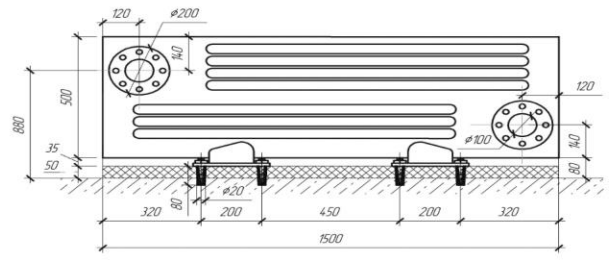


- 1 - гідропневматична машина;  
 2 - з'єднання подавчої лінії;  
 3 - з'єднання зворотньої лінії;  
 4 - запірні крани стояків;  
 5 - запірні крани стояків;  
 6 - опресовувальний пристрій.

План поверху на відмітці +57,100 у вісях Г-Е; 3-5



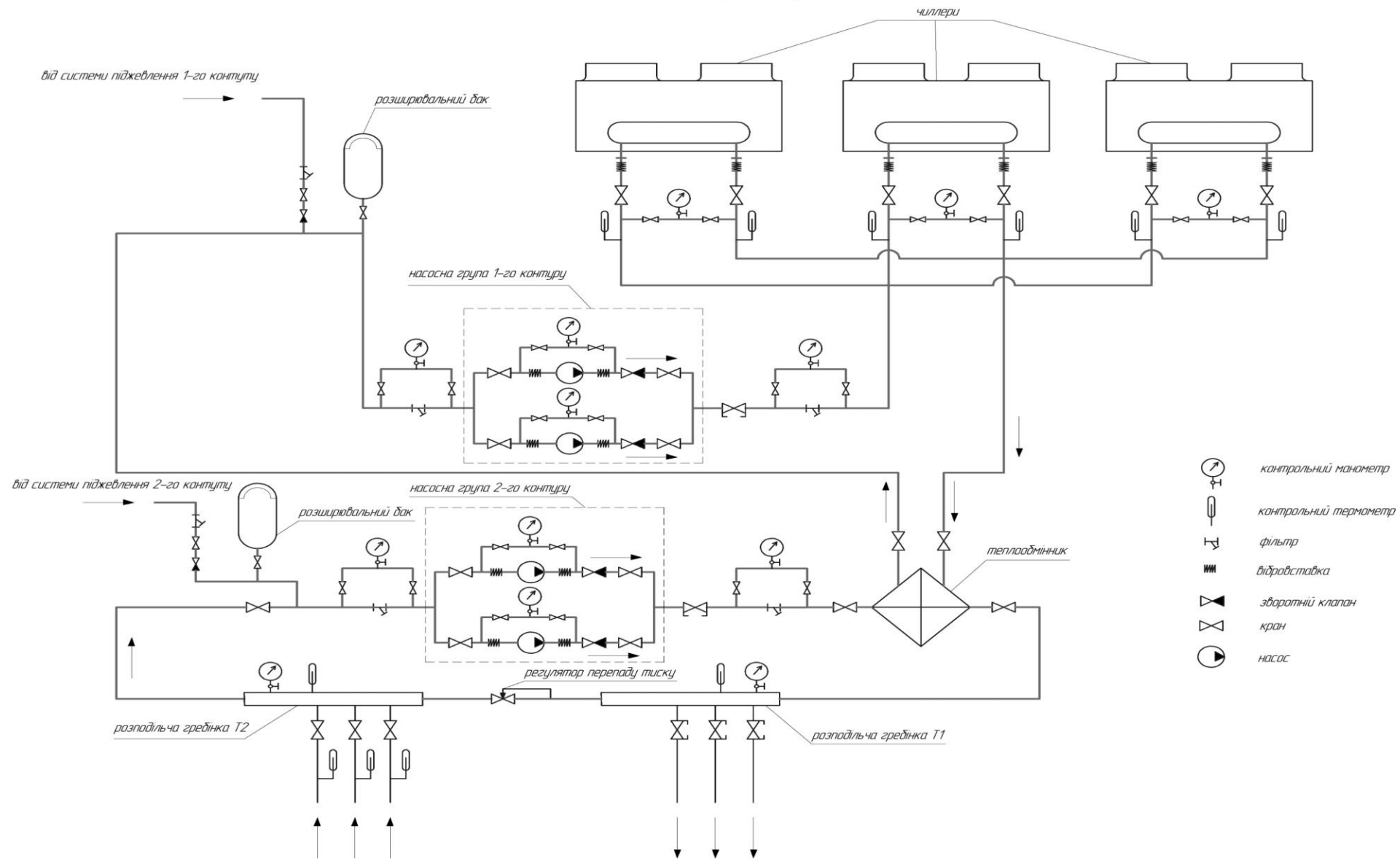
B-B  
(1:10)



№ поз	Позначення	Найменування	Кількість	Маса од.	Примітка
1		AQUASAT ILDN-375Z	3	---	шт
2		Wilo Strato Top-S	4	---	шт
3		Відвідставка Ду 70 мм	6	---	шт
4		Засівка Ду 70 мм	6	---	шт
5		Кран кульвий Ду 15 мм	14	---	шт
6		Манометр МКТ 105 Ду 15 мм	7	---	шт
7		Відвідставка Ду 100 мм	8	---	шт
8		Засівка Ду 100 мм	10	---	шт
9		Фільтр сітчастий Ду 100 мм	4	---	шт
10		Бак розширювальний БРЗ V 200	1	---	шт
11		Бак розширювальний БРЗ V 80	1	---	шт
12		Клапан зворотний Ду 25 мм	2	---	шт
13		Кран кульвий Ду 25 мм	4	---	шт
14		Фільтр сітчастий Ду 25 мм	2	---	шт
15		Теплоділяник пластинчастий	7	---	шт
16		Клапан зворотний Ду 100 мм	4	---	шт

САУМ  
ЛАН. № 1000  
ЛАН. № 1000  
ЛАН. № 1000

# Схема об'язки генератора тепла



-  контрольний манометр
-  контрольний термометр
-  фільтр
-  відривставка
-  зворотній клапан
-  кран
-  насос

Схематична  
 АЛ. П. 1000  
 Лист 1 з 1  
 Вартість 100

# КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН МОНТАЖУ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

№ П/П	Найменування робіт	Одін. вим.	Об'є-ми	Норма часу год/год	Товар-ність-кільк. год/год	Виконавці			Трибу-лість, дні	Норм. джерело	КВІТЕНЬ, ТРАВЕНЬ 2013 РОКУ																															
						Кіль-сть бригад	Професійний склад	Кіль-кість			6.04	7.04	10.04	11.04	12.04	13.04	14.04	17.04	18.04	19.04	20.04	21.04	24.04	27.04	28.04	29.04	30.04	3.05	4.05	5.05	6.05	7.05	10.05	11.05	12.05	13.05	14.05	17.05	18.05	19.05	20.05	21.05
1	Доставлення деталей і обладнання до місця монтажу	т	8,95	3	19,65	2	слюсар-сантех.2р.	2	1	Е1-1-1																																
2	Розмічування місць прокладання трубопроводів	100м	14,23	1,2	17	2	монтажник 5,4та3р.	3	0,25	Е9-1-1																																
3	Прокладання трубопроводів d=20мм	100м	4,28	269	1263	3	2 монт.3р., монт.4р.	3	17,5	ДБН16-6-1																																
4	Прокладання трубопроводів d=25мм	100м	1,14	211,56	271	3	2 монт.3р., монт.4р.	3	3,25	ДБН16-6-1																																
5	Прокладання трубопроводів d=32мм	100м	0,59	172,2	101	3	2 монт.3р., монт.4р.	3	1,25	ДБН16-6-1																																
6	Прокладання трубопроводів d=40мм	100м	0,73	229,6	167,6	3	2 монт.3р., монт.4р.	3	2,25	ДБН16-6-1																																
7	Прокладання трубопроводів d=50мм	100м	1	200	200	3	2 монт.3р., монт.4р.	3	2,75	ДБН16-6-1																																
8	Прокладання трубопроводів d=100мм	100м	0,82	200	164	3	2 монт.3р., монт.4р.	3	2,25	ДБН16-6-1																																
9	Встановлення фанкойлів	100 кв.м	3,77	14,26	4,80	3	монтажники 3,4 р.	2	10	Е9-1-12																																
10	Встановлення розширювального баку	шт.	1	18,04	18,04	3	монтажники 4,3 р.	2	0,5	Е9-1-31																																
11	Встановлення кранів кулькових d=15мм	шт.	456	0,42	191,5	3	монтажники 5,4,3 р.	3	2,75	Е9-1-18																																
12	Встановлення кранів кулькових d=20мм	шт.	112	0,5	56	3	монтажники 5,4,3 р.	3	0,75	Е9-1-18																																
13	Встановлення кранів кулькових d=25мм	шт.	16	1,7	27,2	3	монтажники 5,4,3 р.	3	0,5	Е9-1-18																																
14	Перше гідралічне випробування	100м	14,23	5,3	75,4	2	2монтажники 5,4,3 р.	3	1,5	Е9-1-8																																
15	Робоча перевірка системи в цілому	100м	14,23	0,92	13,1	2	2 монт.4,5р., монт.6р.	3	0,25	Е9-1-8																																
16	Кінцева перевірка системи при її здачі в експлуатацію	100м	14,23	0,76	10,8	1	монтажники 6,5 р.	2	0,5	Е9-1-8																																
17	Вивезення деталей і обладнання з місця монтажу	т	0,340	3	1,02	1	слюсар-сантех.2р. монтажник 3р.	2	0,1	Е1-1-1																																

## ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ГРАФІКУ РУХУ РОБІТНИКІВ

№ п/п	Позначення	Формула	Результат	Дл. виміру
1	$Q_{роз}$	$\sum Q_i$	384,2	люд.дні
2	$T_{роз}$	—	32	дні
3	$R_{роз}$	—	18	люд.
4	$R_{сеп}$	$Q_{роз}/T_{роз}$	12	люд.
5	$T_{сеп}$	—	11,8	дні
6	$Q_{сеп}$	—	85,05	люд.дні
7	$a_1$	$R_{сеп}/R_{роз}$	0,67	—
8	$a_2$	$Q_{сеп}/Q_{роз}$	0,22	—
9	$a_3$	$T_{сеп}/T_{роз}$	0,37	—



### ГРАФІК РУХУ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

Назва машини/механізму	Кількість днів
Автомобіль КамАЗ 5308	1
Дриль ФИОЛЕНТ МСУ 9-16-2 РЕ	27,5
Паяльник INSTRUM ППТ 1200	27,5
Гідравлічний прес PEMS Push 12-60	2,25
Електрозв. апарат Фиолент РЗ 930	0,1

## Загальні висновки

1. На сьогоднішній день теплові насоси є найбільш перспективною технологією, що застосовуються для вирішення проблем енергозбереження, завдяки можливості використання поновлюваної енергії з навколишнього середовища або вторинних енергоресурсів. У світовій практиці для перетворення низькотемпературної теплоти найбільшого поширення набули ТН з електричним приводом.
2. Конкурентоспроможність ТН залежить від великої кількості факторів термодинамічного, конструктивного, економічного характеру, від їх функціонального призначення та екологічного впливу на навколишнє середовище.
3. До основних схем теплопостачання із застосуванням ТНУ належать: повітряне опалення, гаряче водопостачання, тепла підлога, індивідуальне опалення, замкнута схема теплопостачання, підігрів басейнів.
4. В результаті аналізу досліджень ефективності застосування теплових насосів виявлено, що недостатня увага приділялась питанням дослідження енергетичної ефективності повітряних ТН в системах теплопостачання.
5. Запропонований математичний опис досліджуваної системи з повітряним тепловим насосом дозволяє здійснювати дослідження системи та окремих елементів системи за умов різних схемних рішень в рамках єдиної математичної моделі.
6. Визначено та обґрунтовано раціональні температурні режими роботи повітряного ТН з електричним приводом для теплопостачання.

7. Визначено, що для повітряного ТН з електроприводом діапазон раціональних значень температури на виході з конденсатора становить 45–71 °С. За цих умов забезпечується ефективне впровадження повітряних ТН та досягається економія умовного палива до 23,32% в залежності від режиму роботи повітряного ТН.

8. Визначено, що за умов енергоефективних режимів роботи повітряного ТН з електроприводом забезпечується скорочення викидів CO<sub>2</sub> до 20,27% в залежності від режиму роботи повітряного ТН.

9. Встановлені залежності можуть бути використані для прогнозування умов ефективної інтеграції повітряних ТН в системи теплопостачання.

10. Аналіз ТЕО дає підстави зробити висновки, що використання в якості опалювальних приладів фанкойлів більш доцільне, ніж застосування радіаторів. В результаті застосування енергоефективного обладнання забезпечується надійна та економічна робота системи опалення.

В якості джерела тепла доцільніше застосовувати тепловий насос, термін окупності якого складає 3,5 роки.

11. Проведено тепловий розрахунок зовнішніх конструкцій та визначено тепловтрати, підбрано обігрівальні прилади, проведено моделювання гідравлічного режиму, спроектовано аксонометричну схему, нанесено розводку трубопроводів на планах поверхів. Сумарні втрати тепла складають 327 кВт.

12. Визначено необхідну кількість виробів та матеріалів для монтажу системи опалення, потребу в допоміжних матеріалах, підбрані машини, механізми та пристосування для виконання монтажних робіт, складений календарний план виконання робіт.

13. Виконаний розрахунок техніко-економічних показників, в якому визначено загальну трудомісткість виконання робіт 384 люд·днів та тривалість виконання монтажних робіт – 32 дні.



14. Розроблені заходи з експлуатації та налагодження енергоефективної системи опалення будівлі в м. Миколаїв. Виконано розрахунок системи і її окремих елементів, наведено технічні характеристики основного обладнання, приведені правила пуску в дію та випробування систем із наведенням відповідних етапів, наладка робочих режимів системи, визначено умови експлуатації, проведено розрахунок кількості витратних матеріалів та інструментів на ремонт, передбачені можливі пошкодження системи та засоби їх усунення, розроблена система забезпечення техніки безпеки в умовах експлуатації та під час виконання ремонтних робіт.

15. Розроблено наступні заходи з енергозбереження:

підвищення опору теплопередачі зовнішніх стін;

використання в якості джерела тепла теплового насоса;

теплова ізоляція стояків і підвідних трубопроводів системи опалення.

Використовуючи тепловий насос і підвищений опір теплопередачі огорожуючих конструкцій зменшується теплове забруднення довкілля. Таким чином теплова енергія використовується раціонально.

16. Розроблено технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, рішення щодо безпечного виконання робіт, технічні рішення з пожежної безпеки, розраховано захисне заземлення трансформаторної підстанції, в результаті якого було підібрано 4 пруткові електроди довжиною 5 м і діаметром 12 мм. В розділі розглянуто можливі аварії на інженерних мережах, а також запропоновано заходи по їх запобіганню.

