

Використання альтернативних  
джерел енергії та підвищення  
ефективності в системі  
теплозабезпечення санаторію  
“ТОВТРИ”.

- ст.гр. ТЕ-14 мі зс Бойчук Р.Е.
- Керівник: к.т.н. доц. Боднар Л.А.

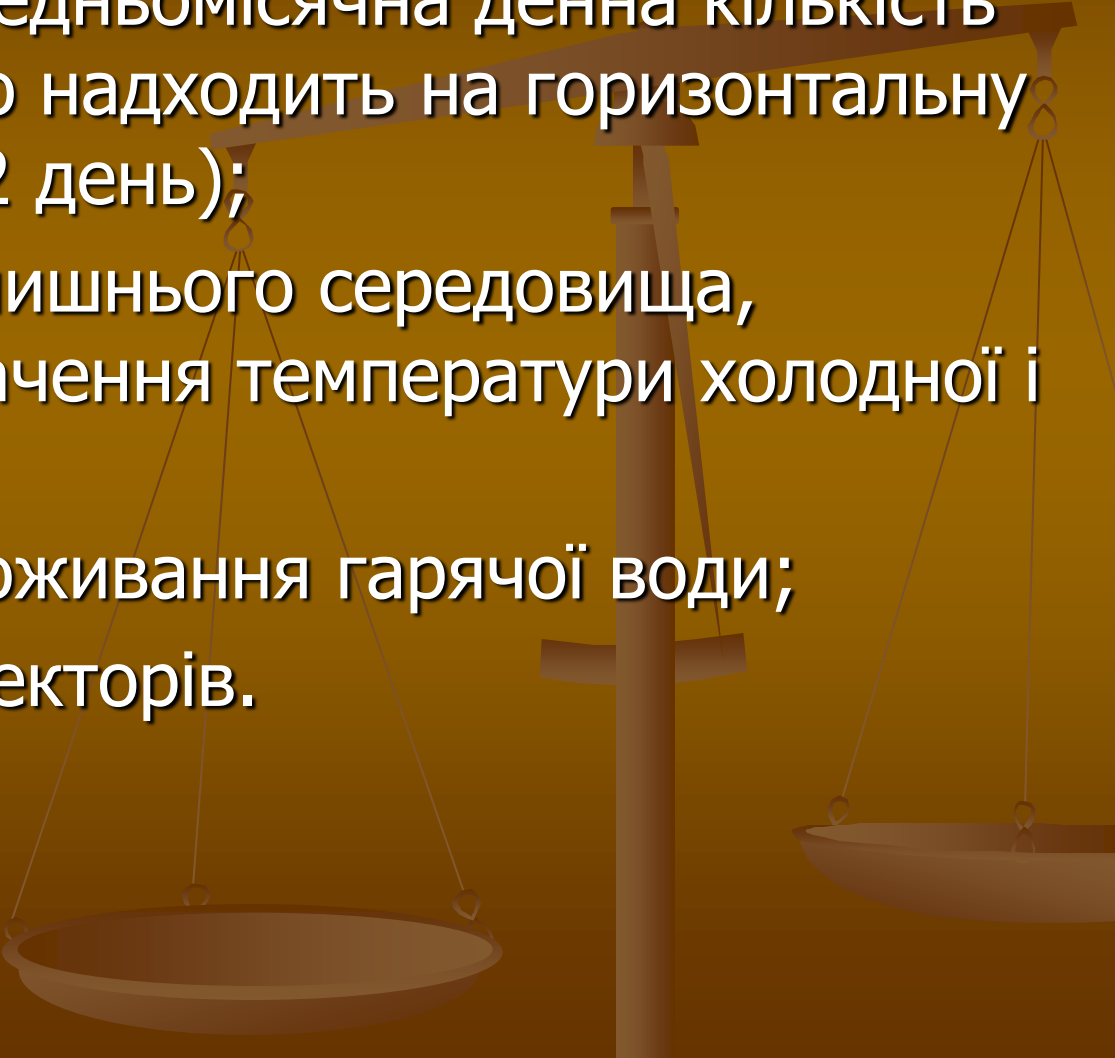
# Актуальність:

- Існуюча тенденція до вичерпання паливно-енергетичних ресурсів, ріст цін на виробництво енергії і глобальні екологічні проблеми стимулюють необхідність впровадження енергозбережних технологій на основі відновлювальних екологічно чистих джерел енергії, а саме невичерпної енергії Сонця. Окрім використання альтернативних джерел енергії важливо підвищувати ефективність використання традиційних видів палива.
- Серед великого різноманіття джерел енергії сонячна енергія є однією з найбільш перспективних.
- Окрім використання альтернативних джерел енергії в системах тепlopостачання та гарячого водopостачання важливо підвищувати ефективність використання палива. Останнє може бути досягнуто шляхом досконалого його спалювання та використання інтенсифікації теплообміну для більш повного охолодження димових газів. В даній роботі розглядаються питання інтенсифікації теплообміну в жаротрубній частині котла.
- **Мета роботи** – досягти зменшення споживання природного газу в санаторії "ТОВТРИ" за рахунок використання в системі гарячого водopостачання сонячних колекторів і підвищення ефективності роботи котлів внаслідок встановлення інтенсифікаторів теплообміну.

# Завдання:

- аналіз техніко-економічних показників роботи котельні;
- аналіз літературної інформації по інтенсивності сонячної радіації в с.м.т. Сатанів, де знаходиться санаторій "ТОВТРИ";
- аналіз літературної інформації по сучасних конструкціях сонячних колекторів;
- аналіз літературної інформації по сучасних способах інтенсифікації теплообміну в котлах;
- аналіз різних методик розрахунку необхідної кількості сонячних колекторів для забезпечення заданої теплової потужності.
- оцінити зменшення викидів в навколишнє середовище внаслідок економії природного газу;
- розробити систему гарячого водопостачання на базі сонячних колекторів;
- розробити монтажну схему встановлення буферних ємностей в системі гарячого водопостачання та розробити систему автоматизації до них.

# Початкові дані для розрахунку

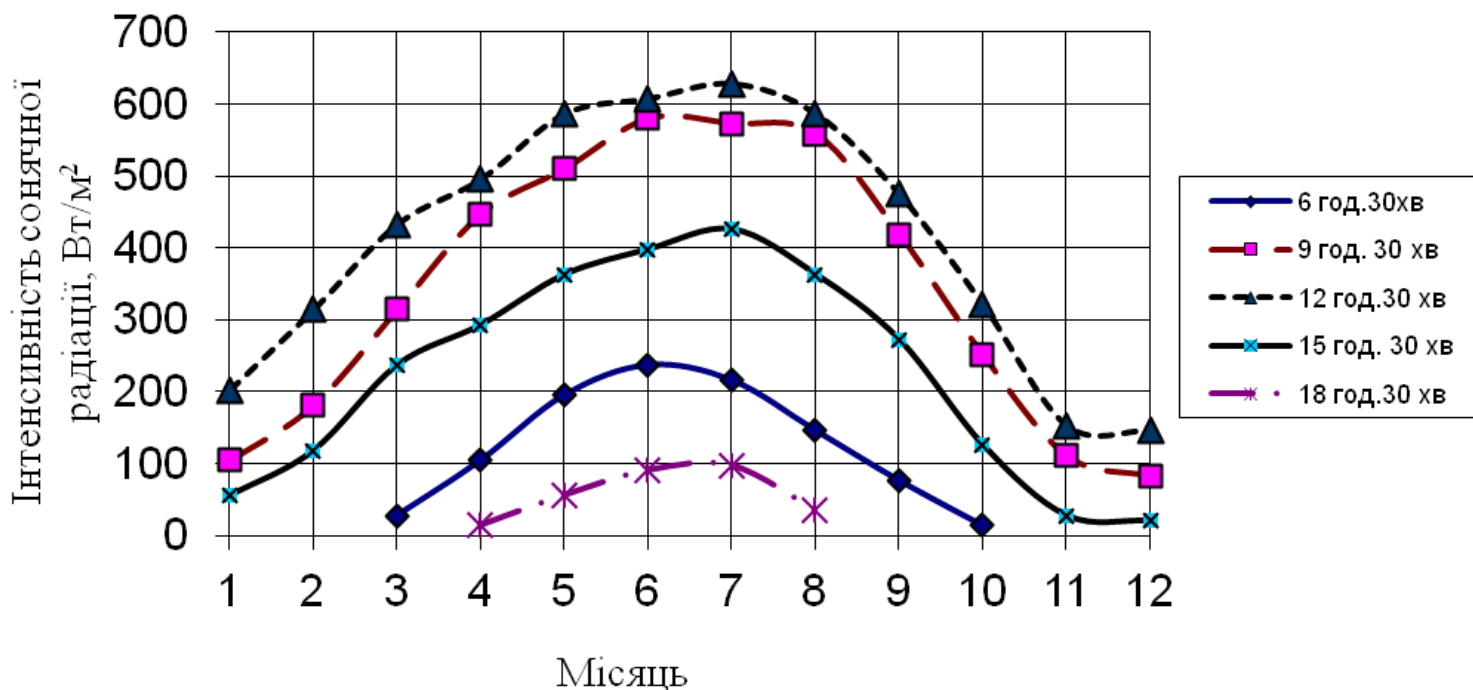
- Розташування геліосистеми (широта, довгота);
  - Кліматичні дані: середньомісячна денна кількість сонячної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню, МДж/(м<sup>2</sup> день);
  - Температура навколишнього середовища, середньомісячне значення температури холодної і гарячої води;
  - Добове загальне споживання гарячої води;
  - Характеристики колекторів.
- 

- “ТОВТРИ” знаходиться в Хмельницькій області , Городоцький р-н, смт Сатанів. Територія області лежить між  $48^{\circ}27'$  та  $50^{\circ}37'$  північної широти й між  $26^{\circ}09'$  та  $27^{\circ}56'$  східної довготи. В санаторії максимальна кількість місць становить – 420.



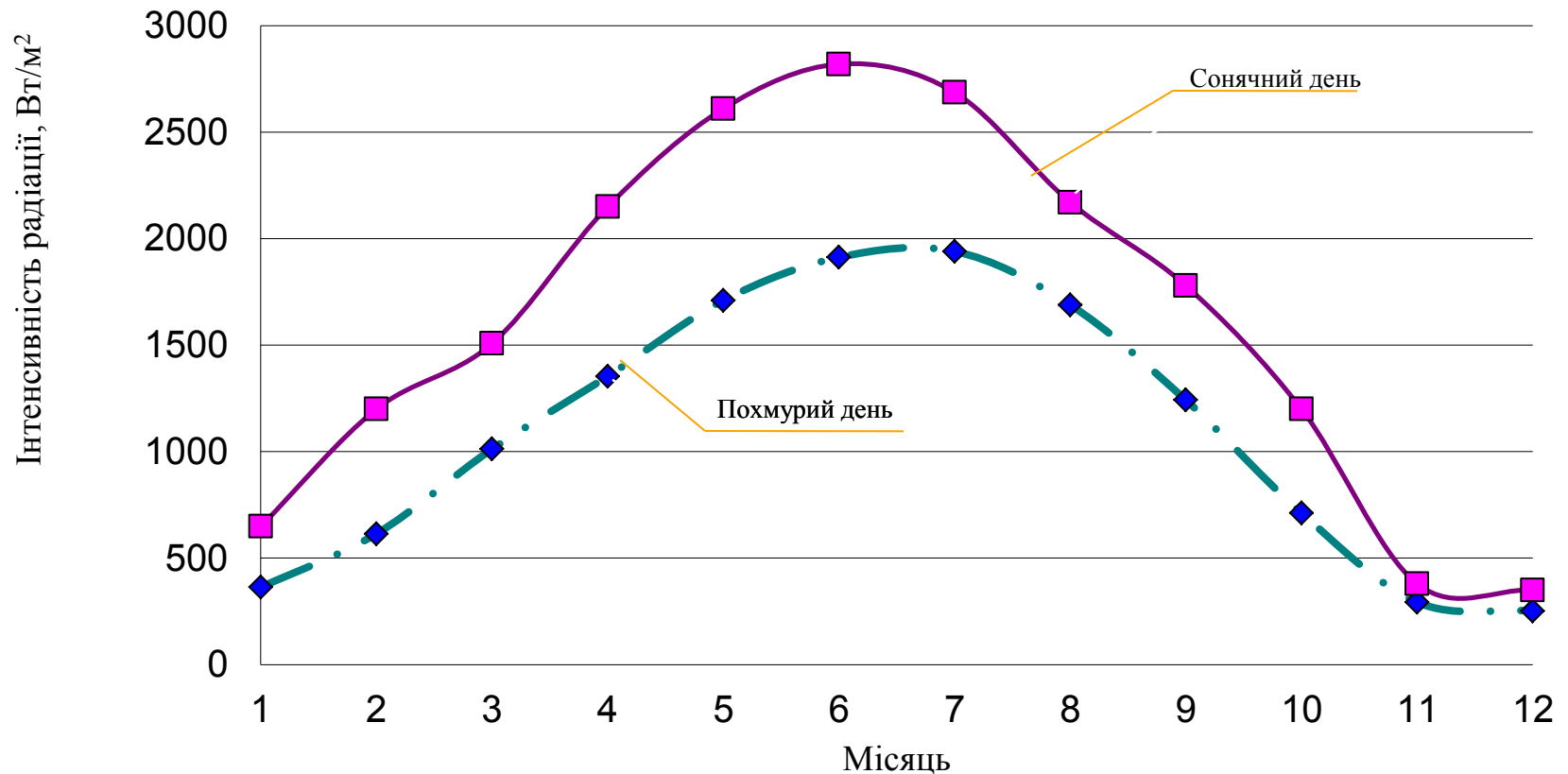
# Оцінка наявної кількості сонячної енергії для м. Хмельницького

- Розрахунок установки гарячого водопостачання виконується за годинними сумами прямої та розсіяної сонячної радіації та температурою зовнішнього повітря.
- На графіку показано інтенсивність сонячної радіації протягом дня в певний час протягом року. З графіка ми бачимо, що найменша кількість сонячної радіації ввечері 18:30 годин та вранці 6:30. Найбільша кількість припадає під обід о 12:30 годин.
- 



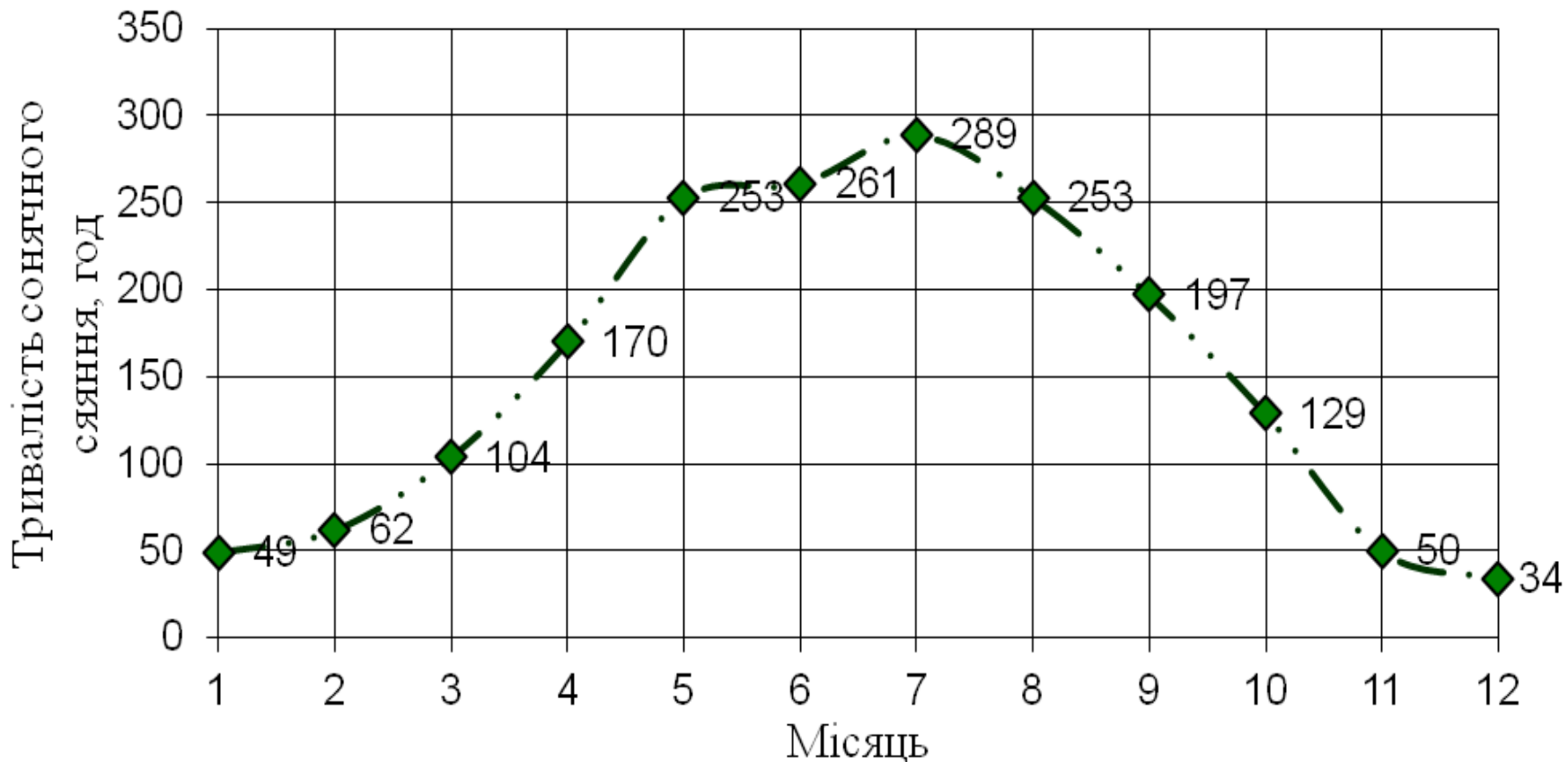
# Сума інтенсивності сонячної радіації за день

- На графіку показана сума інтенсивності сонячної радіації в певний період часу (6:30, 9:30, 12:30, 15:30, 18:30) протягом дня за місяць в ясну та похмурну погоду. З графіку видно що найбільша інтенсивність радіації припадає в травні, червні та липні місяці.



# Тривалість сонячного сяяння

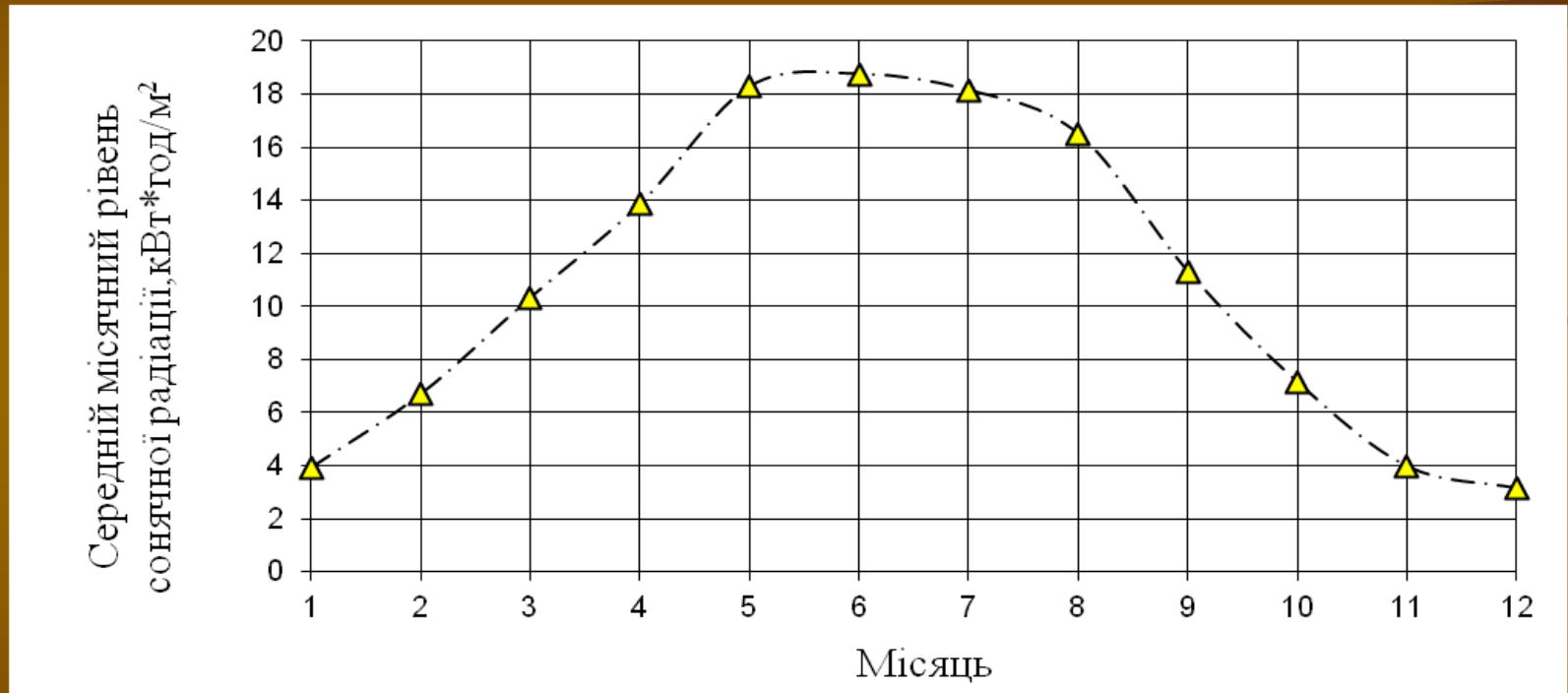
■ На графіку показано тривалість сонячного сяяння протягом року. З графіку видно, що найбільше годин сонячного сяяння в травні, червні, липні та серпні місяці. Але ці дані не остаточні, так як ми не можемо передбачити погоду, та як вона змінюється.





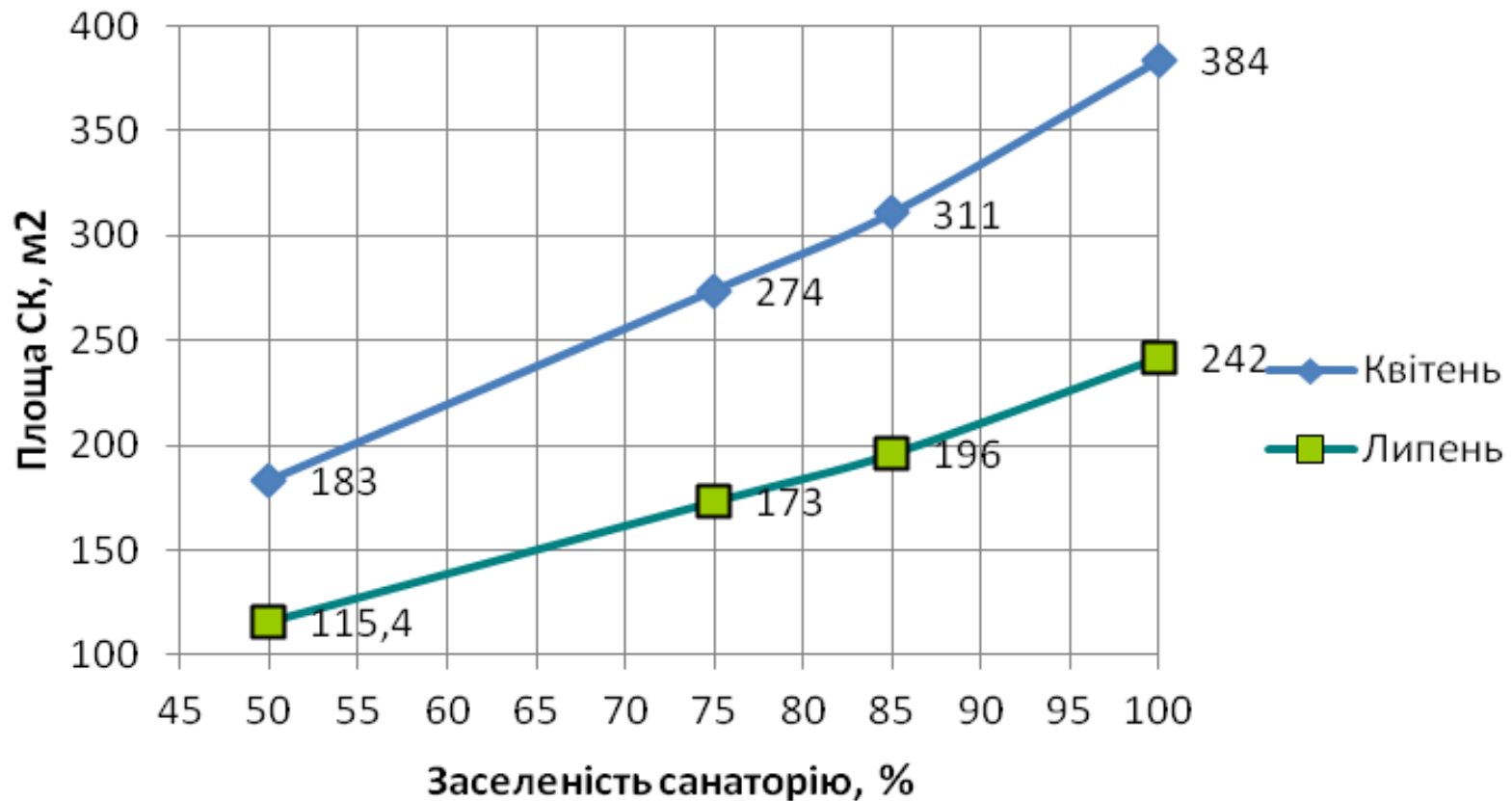
# Середній місячний рівень сонячної радіації

- На графіку показано як змінюється протягом даного місяця середньомісячний рівень сонячної радіації.



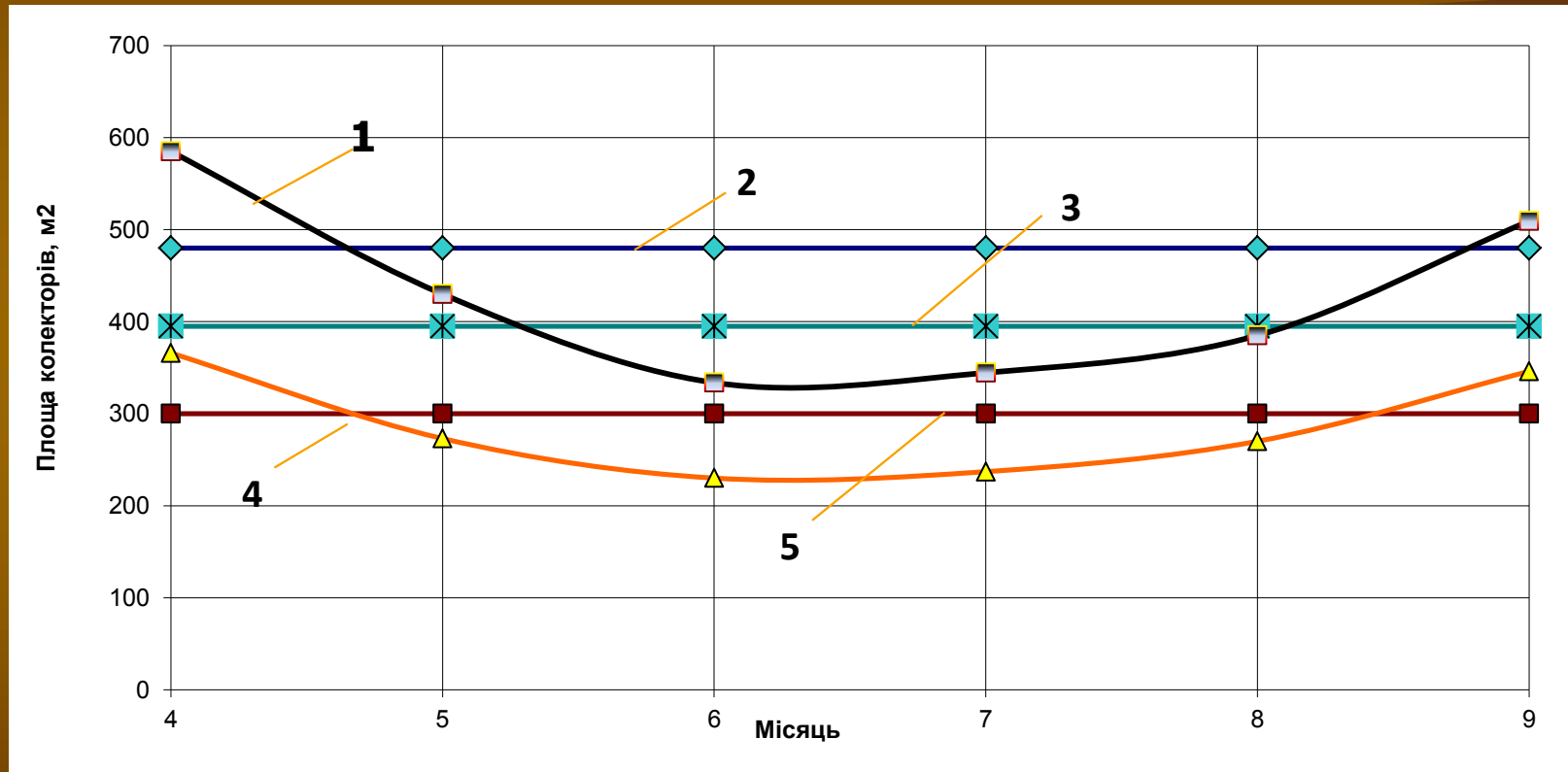
# Залежність необхідної площі СК, м2 від заселеності санаторію, %

- Цей графік показує, що при даній кількості людей в санаторію працює певна кількість сонячних колекторів.



# Різні методика визначення площі сонячних колекторів

■ Необхідну кількість сонячних колекторів розраховано за різними методиками. Вибір правильної методики розрахунку необхідної кількості сонячних колекторів вплине на вартість проекту.

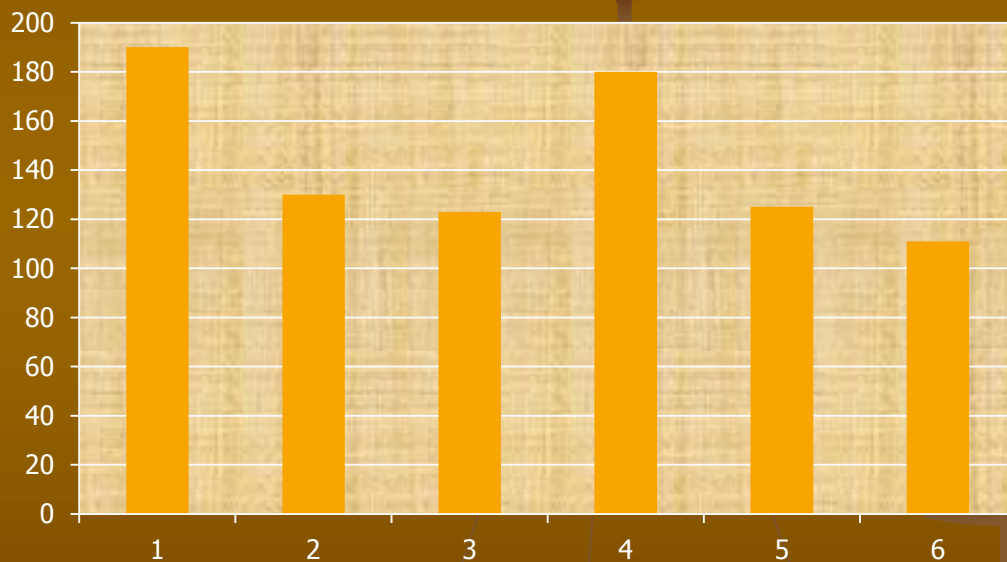


1 – методика запропонована в джерелі [35]; 2 –  $F=n \cdot 1.2$ ; 3 – з номограми [38];

4 – методика запропонована в джерелі [38]; 5 –  $F=n \cdot 0.75$ .

# Встановлення інтенсифікаторів теплообміну у водогрійному котлі ВК-32.

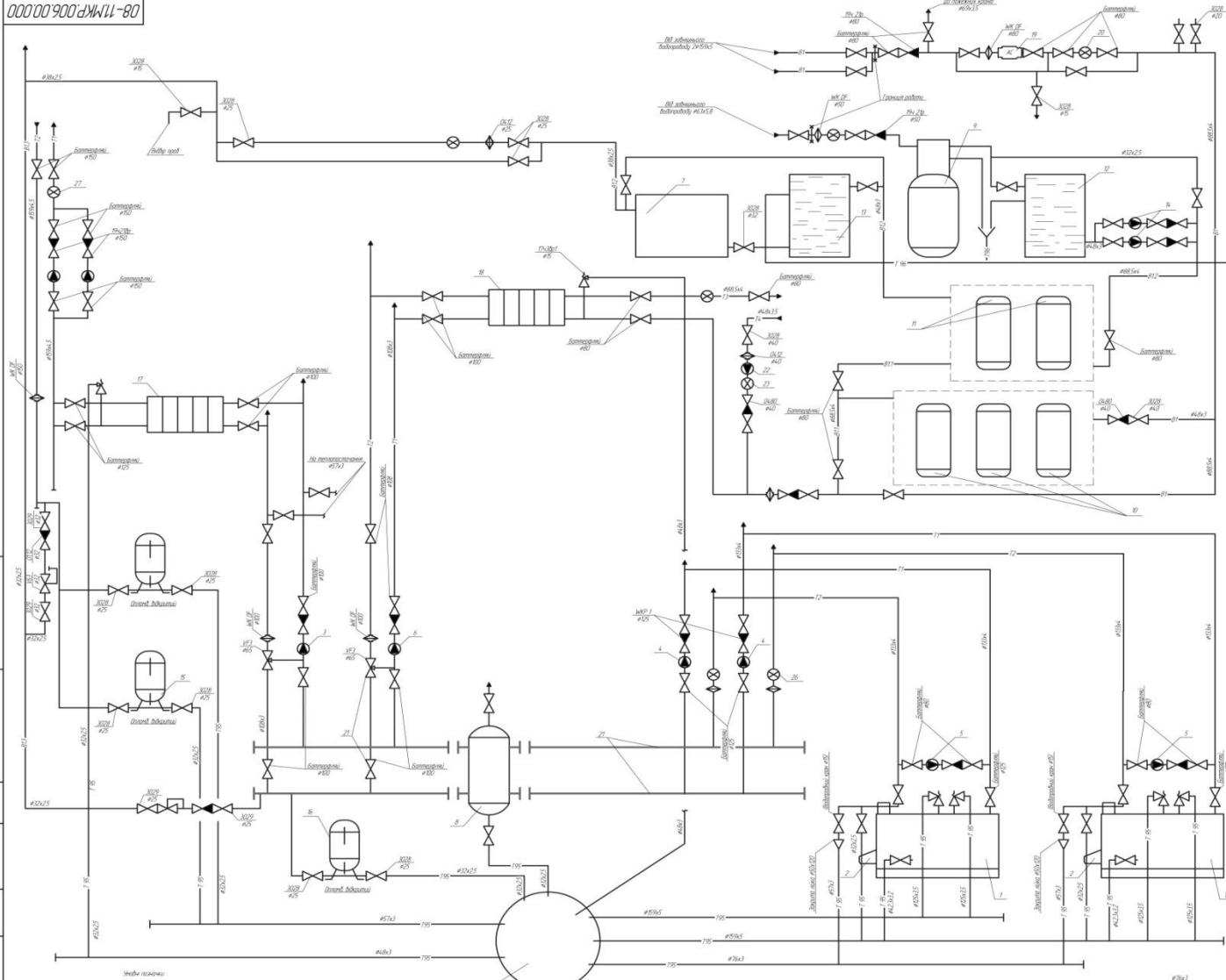
На рисунку показано як змінюється ККД котла та його температура відхідних газів при встановленні інтенсифікаторів теплообміну, а саме пластини та скрученої пластини. І з рисунку видно, що при встановленні інтенсифікаторів ККД котла зростає, а температура відхідних газів падає.



1 – без інтенсифікатора при  $\eta=90,74\%$ ,  $N=2$  МВт; 2 – інтенсифікатор «пластина» при  $\eta=94\%$ ,  $N=2$  МВт; 3 – інтенсифікатор «скручена пластина» при  $\eta=94,35\%$ ,  $N=2$  МВт; 4 – без інтенсифікатора при  $\eta=91,69\%$ ,  $N=1,5$  МВт; 5 – інтенсифікатор «пластина» при  $\eta=94,26\%$ ,  $N=1,5$  МВт; 6 – інтенсифікатор «скручена пластина» при  $\eta=95,18\%$ ,  $N=1,5$  МВт.

# Теплова схема санаторію "ТОВТРИ"

08-11МКР.006.00.000



Білість обладнання

№	Наименование	Кол.	Марка	Техниче характеристики	Примечание
1	Котел сталевий водонагрівач	2	ВТ-2	2МВт	Фабрика "Товтри-М"
2	Помпа центробіжний	2	ПТ-09-2.2-03	Q=2-0.55 м³/с	Фабрика "Товтри-М"
3	Шарнірний насос-прес для контуру опалення ПНС-0.65	2	МВ-Ф	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
4	Насос контуру опалення ПНС-0.65	2	МВ-Ф	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
5	Шарнірний насос-прес ПНС-0.65	2	ТЗР-5 65/73	Q=0.5 м³/с	Фабрика "Товтри"
6	Насос контуру опалення опалення ванн	1	ТЗР-5 65/73	Q=0.5 м³/с	Фабрика "Товтри"
7	Шарнірний насос-прес для контуру опалення ванн ПНС-0.65	1	МВ-Санта-М	Q=0.4 м³/с	Фабрика "Товтри"
8	Шарнірний насос-прес для контуру опалення ванн ПНС-0.65	2	СД-2705/06/09	Q=0.4 м³/с	Фабрика "Товтри"
9	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
10	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
11	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
12	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
13	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
14	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
15	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
16	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
17	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
18	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
19	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
20	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
21	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
22	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"
23	Шарнірний насос-прес для ванн	1	МВ-200	Q=0.2 м³/с	Фабрика "Товтри"

- 81 Циркуляційний насос ванн
- 82 Циркуляційний насос ванн
- 83 Циркуляційний насос ванн
- 71 Циркуляційний насос ванн
- 72 Циркуляційний насос ванн
- 73 Циркуляційний насос ванн
- 74 Циркуляційний насос ванн
- 75 Циркуляційний насос ванн
- 76 Циркуляційний насос ванн

08-11МКР.006.00.000

Теплова схема санаторію "ТОВТРИ"

Лист 1 з 1

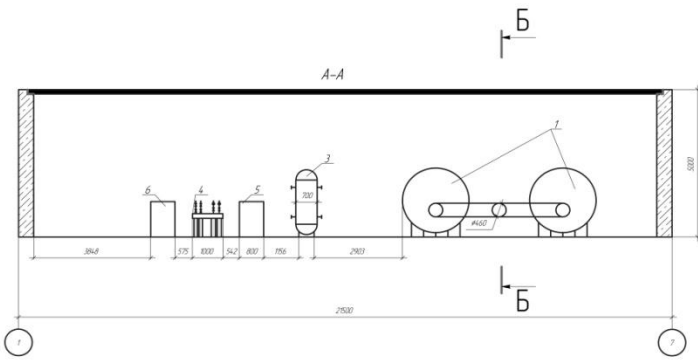
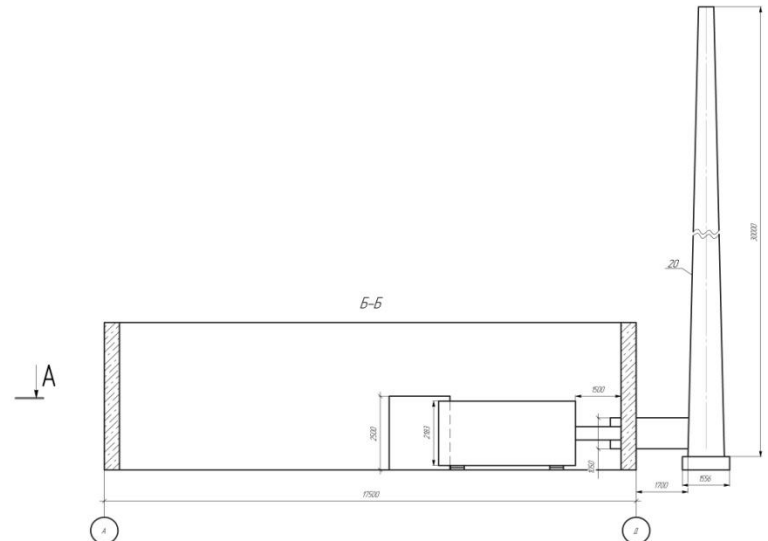
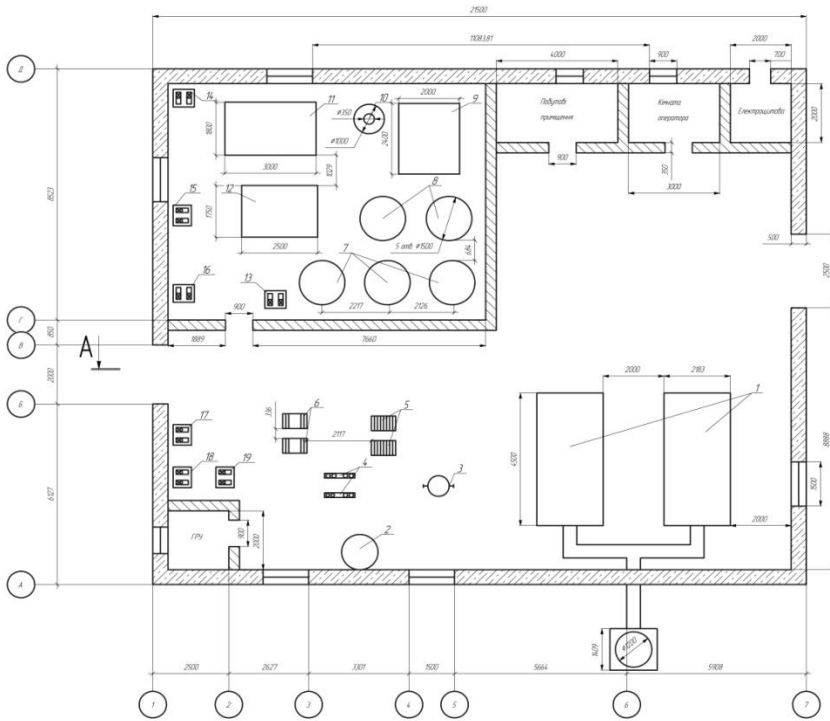
Масштаб: 1:1

Ст.гр. ТЕ-14м

Формат: А1

# Розріз котельні санаторію "ТОВТРИ"

08-11МКР.006.00.000-00

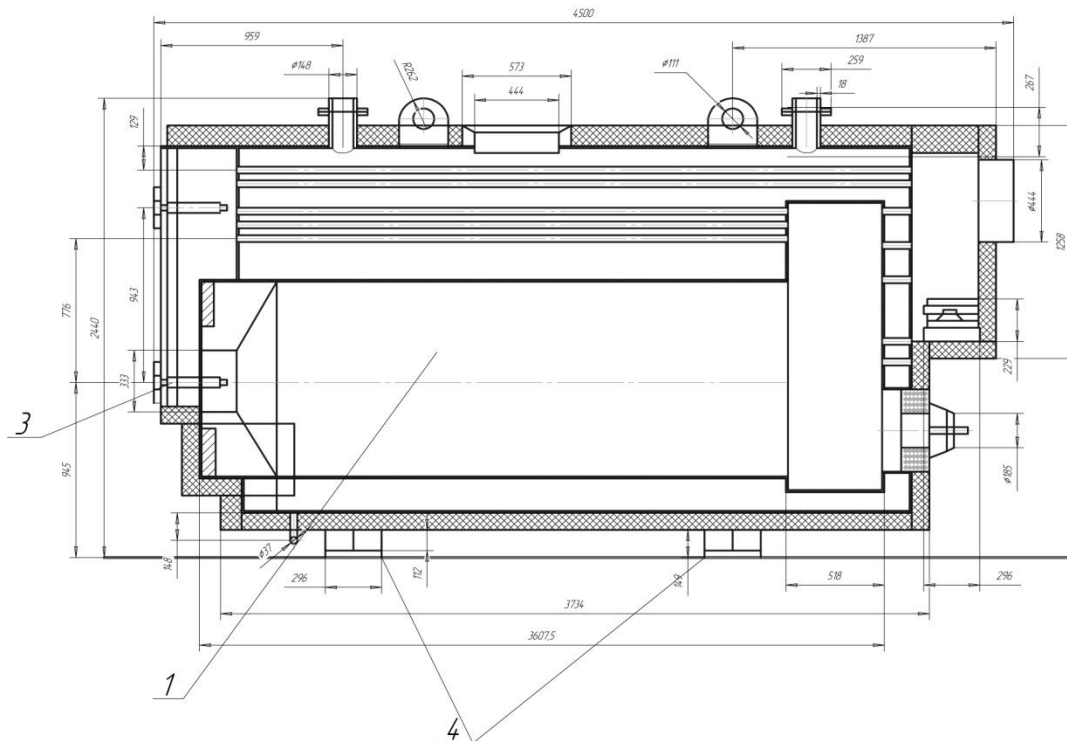
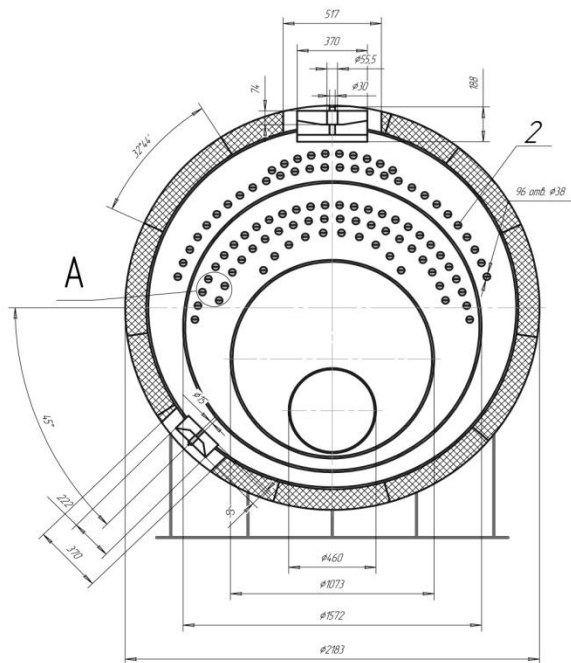


№	Назва	К-ть
1	Котел	2
2	Продукційний колодезь	1
3	Гідравлічна стрілка	1
4	Грейдінка	1
5	Підгрівник гарячої води	2
6	Мережний теплообмінник	2
7	Фільтр Na-катионний I-ступень	3
8	Фільтр Na-катионний II-ступень	2
9	Бак запасу сирої води В2	1
10	Фільтр напорний зернистий для освітлення води	1
11	Бак запасу хімічної води	1
12	Двохнасосна живильна установка 580x600x1670mm	2
13	Насос подачі води В2 з бака запасу	2
14	Насос контура котла РМ10, DN80	2
15	Циркуляційний насос з'ячної води контура опалення	2
16	Циркуляційний котловий насос	2
17	Мережний насос системи опалення	2
18	Насос контура підгрівачів гар.вод.	2
19	Циркуляційний насос гар.вод.	2
20	Димова утеплена труба	1

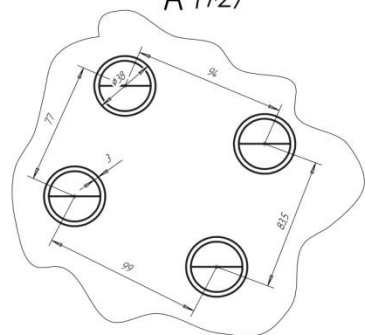
08-11МКР.006.00.000 АД			
Розріз котельні санаторію "ТОВТРИ"			
Лист	№ документа	Дата	Конт.
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Затв.
Проєкт.	Відомий	З. А.	
Начальник	Технік	С. П.	
Інж.			
			Лист 1
			Листів 1
			ст. зр. 1Е-14м

# Водогрійний котел ВК-32 з інтенсифікаторами теплообміну

08-11.МКР.006.00.000 СК



A (1:2)



## Технічні характеристики

1. Потужність котла  $Q_k = 2000$  кВт.
2. Температура прямої води  $t_{пр} = 110$  °С.
3. Температура зворотної води  $t_{об} = 70$  °С.
4. Коефіцієнт надлишку повітря в топці 1,15.

				<b>08-11.МКР.006.00.000 СК</b>		
Изм./Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Водогрійний котел ВК-32 з інтенсифікаторами теплообміну	Лист	Масштаб
Розроб.	Бойчук Р. Е.				Лист	Листов
Проб.	Боднар Л. А.					1
Н.контр.						
Утв.	Грищенко С.І.					

ст. зр. ТЕ - 14 мі

Копіював

Формат А2

Перш. примірник

Сторінка №

Листів у даній

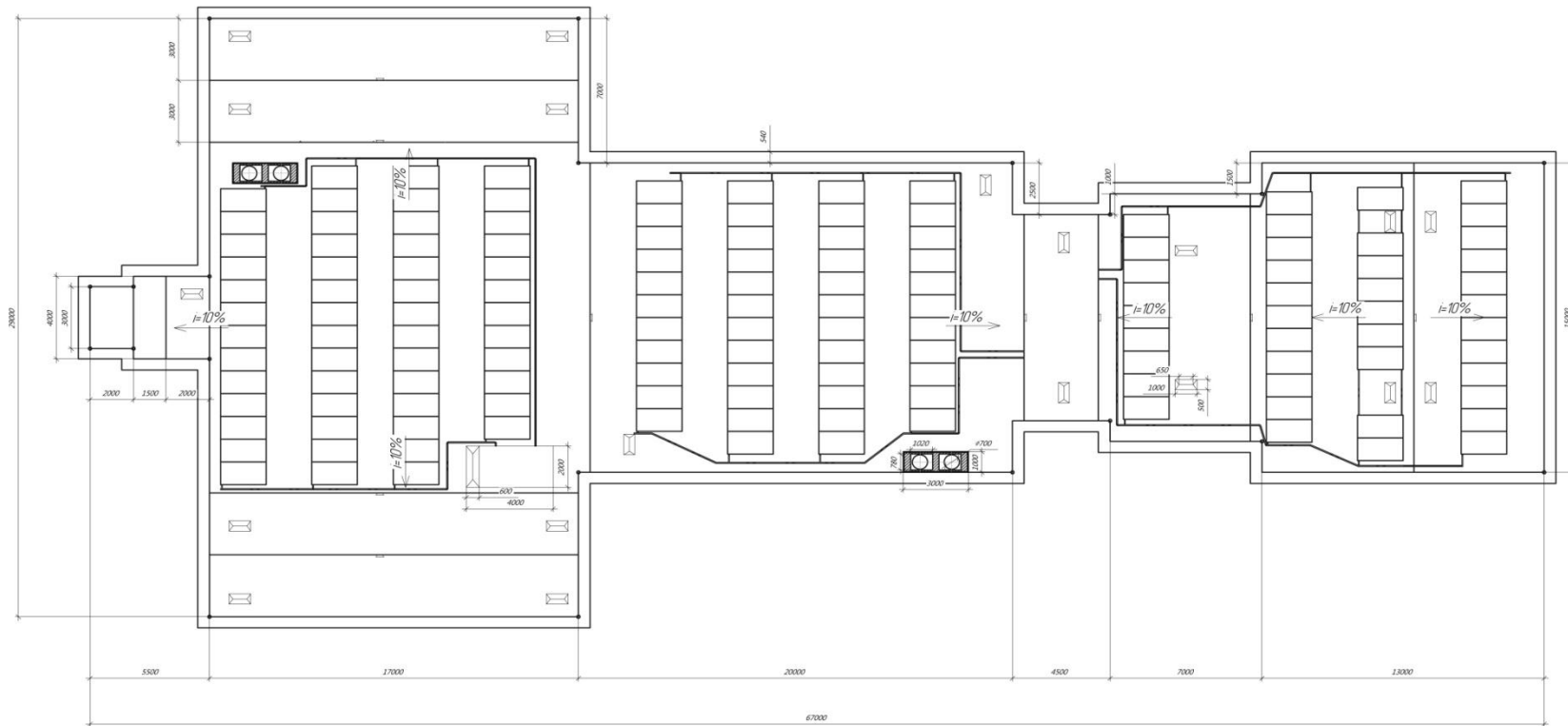
Всього листів № 11.08.11.006.00.000 СК

Листів у даній

Лист № 001

# Розташування сонячних колекторів на даху санаторію "ТОВТРИ"

08-11МР.006.00.000



				08-11МР.006.00.000			
Лист	№ докум.	Дата	Витрач.	Розташування сонячних колекторів на даху санаторію "ТОВТРИ"	Лист	№ листа	Масштаб
Розроб.	Бабич Р.А.						1:100
Вірв.	Бабич Л.А.				Лист	Листів	1
Інженер							
Проєктувальник							
Замовник	ТОВТРИ						ст. гр. ТЕ-14 м
Архитектор							Формат А1

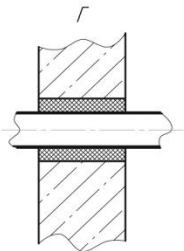
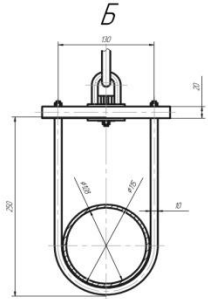
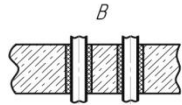
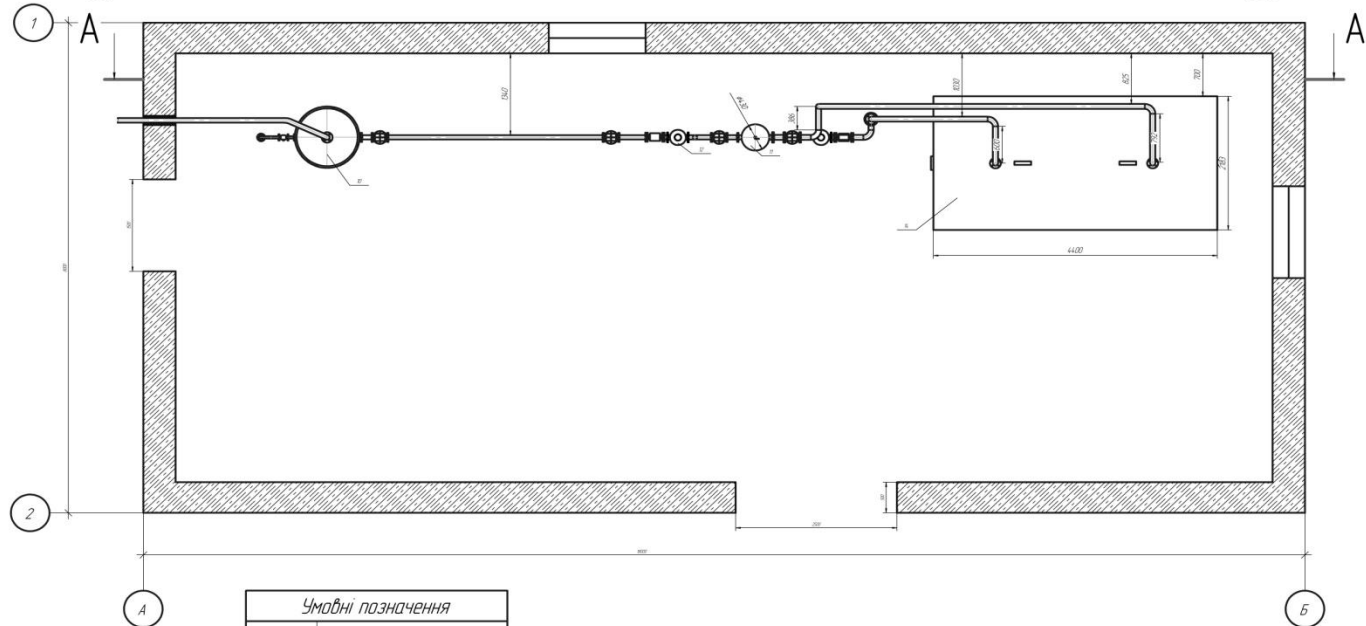
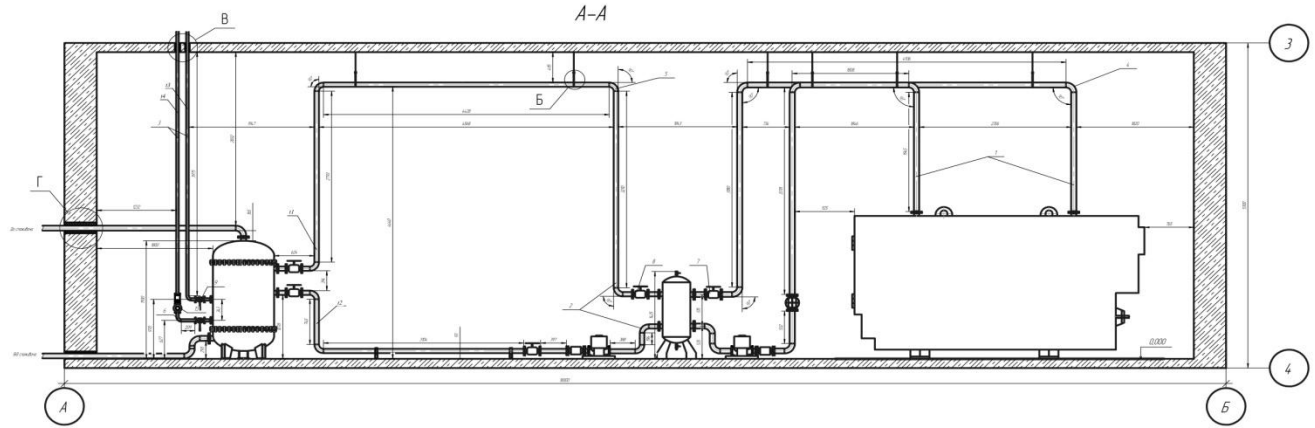
Лист № 1  
Лист № 2  
Лист № 3  
Лист № 4  
Лист № 5  
Лист № 6  
Лист № 7  
Лист № 8  
Лист № 9  
Лист № 10  
Лист № 11  
Лист № 12  
Лист № 13  
Лист № 14  
Лист № 15  
Лист № 16  
Лист № 17  
Лист № 18  
Лист № 19  
Лист № 20



# Встановлення ємнісного водонагрівача в котельню санаторію "ТОВТРИ"

08-11.МКР.006.00.000 АР

№	Найменування	Одиниця вимірювання	Кількість (шт.)	Вага (кг.)	Вага заг. (кг.)
1	Труба 133x4-ГОСТ 10705-80	м	17,7	12,73	226
2	Труба 108x3-ГОСТ 10705-80	м	15,3	7,77	119
3	Труба 40x2,5-ГОСТ 10705-80	м	8,2	1,87	16
4	Відвід 90 133x4 МСН 120-67	шт.	10	4	40
5	Відвід 90 108x3 МСН 120-67	шт.	8	3	24
6	Відвід 90 40x2,5 МСН 120-67	шт.	2	0,3	0,6
7	Вентиль Ду 133	шт.	2	16	32
8	Вентиль Ду 108	шт.	4	11	44
9	Вентиль Ду 40	шт.	2	4	8
10	Ємнісний водонагрівач	шт.	1	430	430
11	Гідравлічна стрілка	шт.	1		
12	Насос циркуляційний Wilo TOP-S65/13	шт.	3	30	90
13	Насос циркуляційний Wilo TOP-S40/7	шт.	1	12,4	12,4
14	Котел ВК-32	шт.	1	6720	6720



Умовні позначення	
Позначення	Найменування
11	Теплоносій з котла
12	Теплоносій в котел
13	Теплоносій з санячннх колекторів
14	Теплоносій в санячннх колекторн

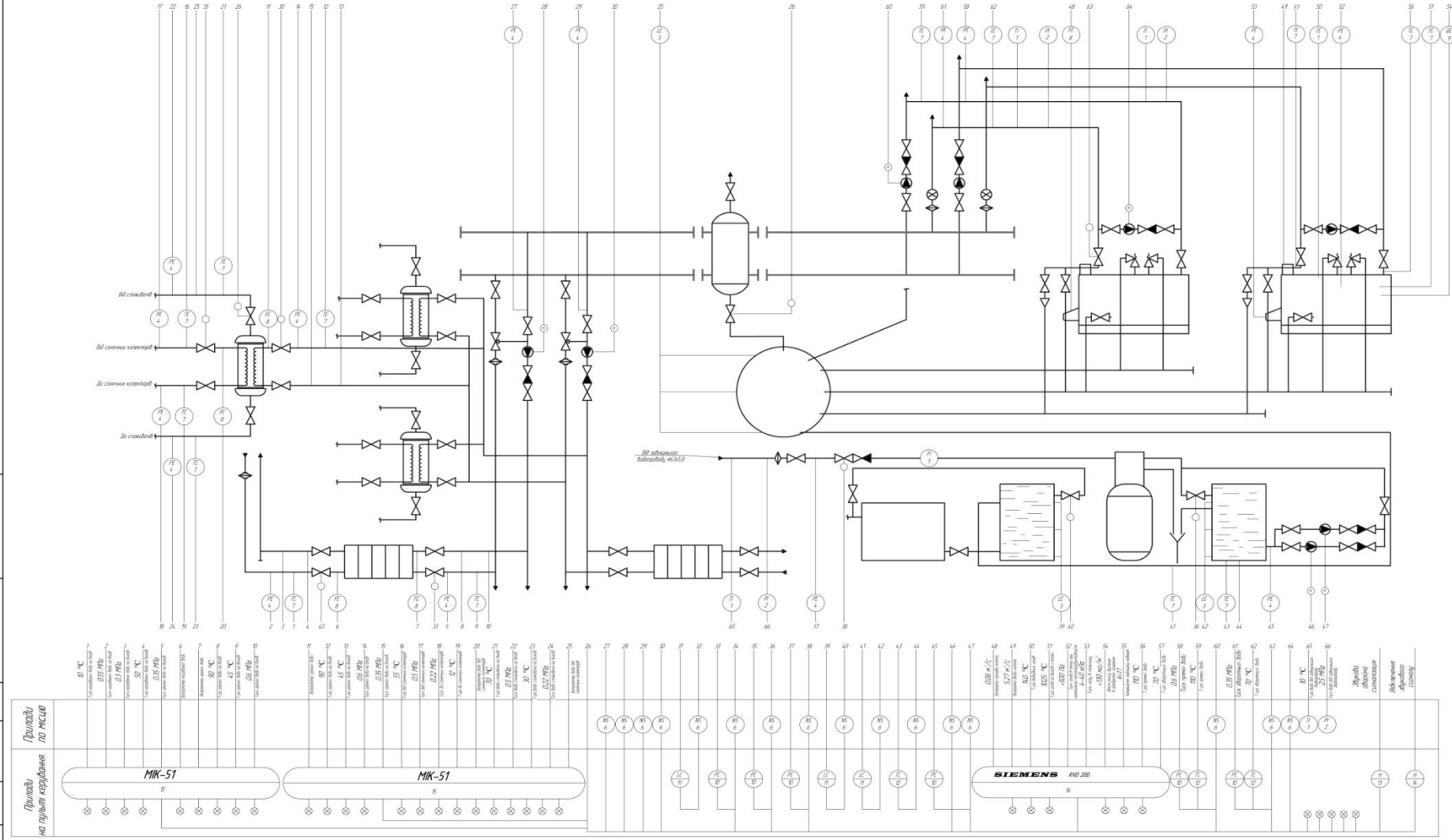
08-11.МКР.006.00.000 АР			
Лист	Масса	Масштаб	
Встановлення ємнісного водонагрівача в котельню санаторію "ТОВТРИ"			
Лист	Листов	1	
План котельні		ст. гр. ТЕ-14 м	
Копіював	Формат А2		

Лист № подл. / Взам. інв. № / № № дробл. / Лист і дата / Стор. № / Лист і дата / Лист і дата



# Функціональна схема автоматизації теплової схеми санаторію "ТОВТРИ"

08-11МКР.006.00.000



Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Прилади на пульт керування

МК-51

МК-51

SIEMENS RVS 200

08-11МКР.006.00.000

Ім'я	Посада	Підпис	Дата
Мен. Дізн.	М. Волж	Лист	2010
Рисув.	Бондар Р. П.		
Вір.	Бондар Л. А.		
Корект.			
Інженер			
Дізн.	Горюха С. П.		

Функціональна схема автоматизації теплової схеми котельні санаторію "ТОВТРИ"

Лист 1 з 1

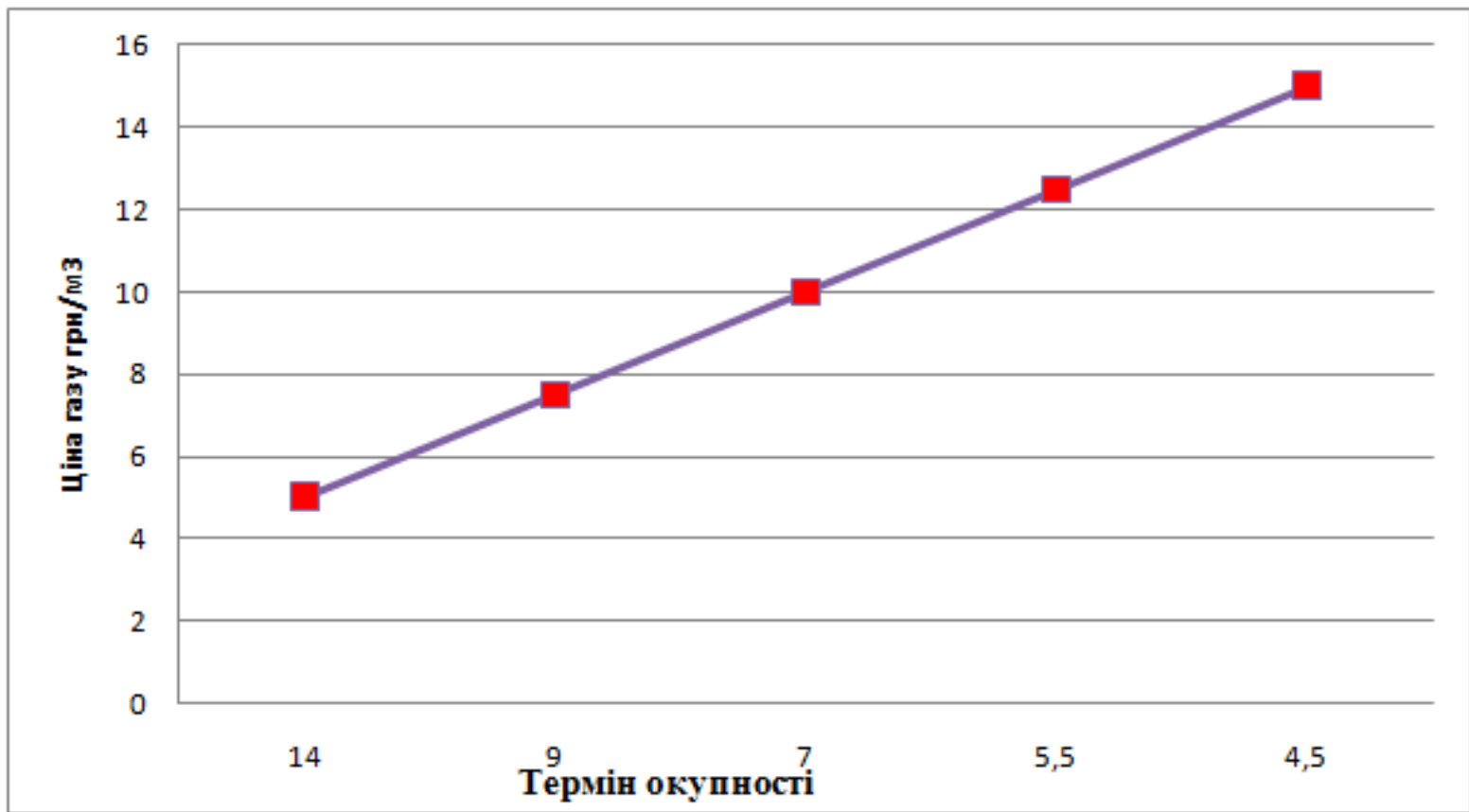
Ст.гр. ТЕ-14м

Формат А1

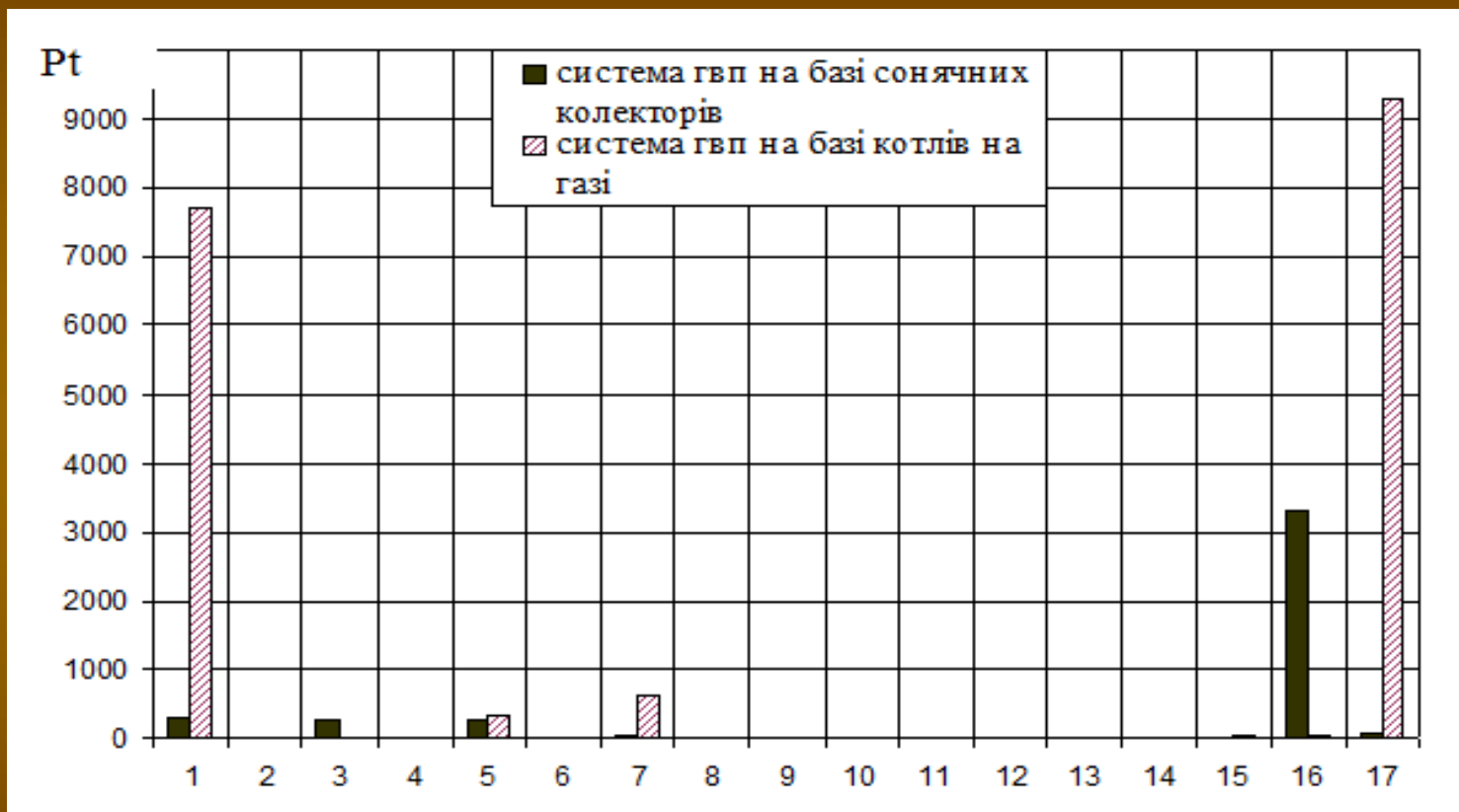
# Техніко-економічні показники системи ГВП на базі сонячних колекторів

Показники	До	Після
	Ціна, грн	Ціна, грн
Затрати на сонячні колектори		1,677,900
Затрати на допоміжне обладнання		429,440
Монтаж основного та допоміжного обладнання		671,200
Затрати на паливо	11,351,000	10,987,000
Затрати на воду	5,900	6,120
Затрати на ел.ен.	1,022,357	1,029,675
Термін окупності		7 років

# Термін окупності в залежності від ціни на природній газ

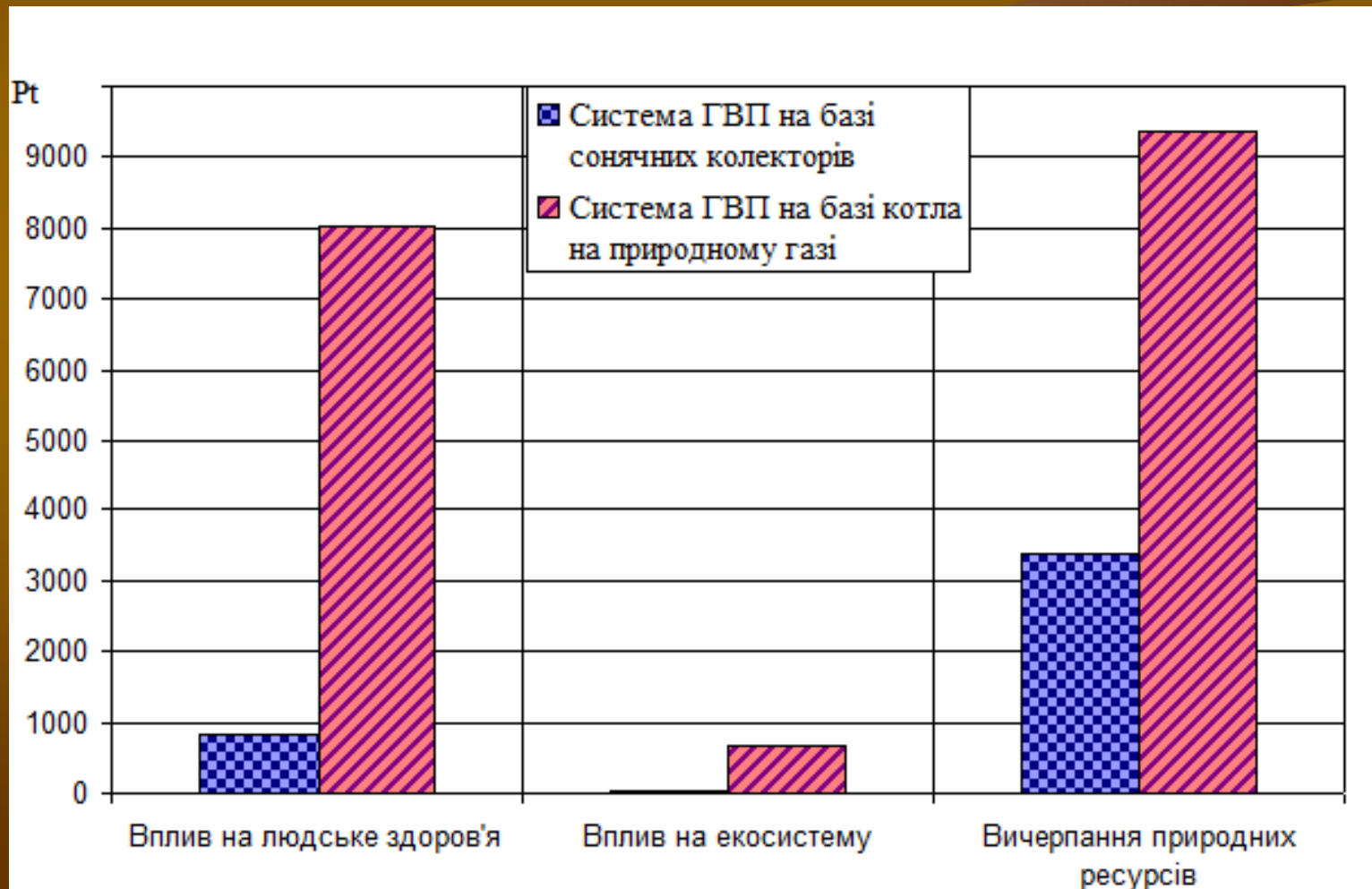


# Оцінка впливу етапу експлуатації системи ГВП на базі сонячних колекторів та водогрійних котлів на природному газі на навколишнє середовище згідно методології LCA



1 – зміна клімату; 2 – вплив на здоров'я людини; 3 – вичерпання озонового шару; 4 – вплив токсичних речовин на людей; 5 – утворення фотохімічного окислювача; 6 – утворення твердих частинок; 7 – іонізуюче випромінювання; 8 – вплив зміни клімату на екосистеми; 9 – випадіння кислотних дощів; 10 – еутрифікація; 11 – вплив токсичних речовин на ґрунт; 12 – вплив токсичних речовин на воду; 13 – заняття сільськогосподарських земель; 14 – заняття міських земель; 15 – зміна навколишнього середовища; 16 – вичерпання металів; 17 – вичерпання викопних палив.

Оцінка впливу етапу експлуатації системи ГВП на базі сонячних колекторів та водогрійних котлів на природному газі на навколишнє середовище згідно методології LCA за трьома категоріями: вплив на людське здоров'я, вплив на екосистему, вичерпання природних ресурсів.



# Висновки:

- Точний тепловий розрахунок системи сонячного гарячого водопостачання (ССГВ) ускладнюється через вплив випадкових коливань кліматичних умов і складного характеру взаємодії між елементами системи.
- На стадії розробки техніко-економічного обґрунтування проекту системи сонячного тепlopостачання (ССТ) вибір методики розрахунку надходження інтенсивності сонячної радіації має важливе значення.
- Огляд інформації по інтенсивності сонячної радіації показав, що найбільш доцільно використовувати сонячні колектори для ГВП з квітня по вересень включно. Через нестабільність надходження сонячної енергії у квітні і вересні потрібен буде догрів води від котельні.
- В роботі проаналізовано існуючі методики для розрахунку необхідної кількості сонячних колекторів. Отримані результати суттєво відрізняються. Для квітня необхідна площа поверхні сонячних колекторів за різними методиками знаходиться в межах від 380 до 580 м<sup>2</sup>. З огляду на високу вартість такого обладнання перевитрата коштів на проект може бути досить значною. Найменші розходження в результатах обчислення площі сонячних колекторів спостерігаються для липня від 220 до 480 м<sup>2</sup>. На основі отриманих результатів до подальшого використання обрано методику наведену у Староверова І. В.
- За допомогою комп'ютерної програми "Тепловий розрахунок теплогенератора", розробленої на кафедрі теплоенергетики, проведено варіантні розрахунки ефективності встановлення інтенсифікаторів теплообміну у жаротрубній частині котла. Показано, що використання інтенсифікаторів теплообміну у вигляді пластин у водогрійному котлі ВК-32 призводить до збільшення ККД котла до 94%, а у вигляді скручених пластин до 94,35 %.
- На основі методології життєвого циклу LCA (life cycle assessment) за допомогою програмного забезпечення SimaPro8 проведено порівняльну оцінку техногенного навантаження системи гарячого водопостачання на базі сонячних колекторів та з використанням котла на природному газі. В розрахунках прийнято, що тривалість роботи системи ГВП на базі СК становить 150 діб. Отримані результати показали, що вплив роботи СК на людське здоров'я у 8 разів менший, ніж системи ГВП на базі водогрійного котла на природному газі, а вичерпання ресурсів для природного газі втричі більше, ніж для системи СК.



В зв'язку з погіршенням екологічної ситуації на Землі та з вичерпанням вуглеводневих палив пріоритетним напрямком розвитку енергетики є використання енергії Сонця для забезпечення тепловою енергією. В даній магістерській дипломній роботі розглянуто застосування сонячних колекторів для забезпечення системи ГВП санаторію «ТОВРИ» (Хмельницької обл.). В зв'язку

з погіршенням екологічної ситуації на Землі та з вичерпанням вуглеводневих палив пріоритетним напрямком розвитку енергетики є використання енергії Сонця для забезпечення тепловою енергією.

В даній роботі було розроблено схему автоматизації санаторію «ТОВТРИ», що знаходиться у м. Хмельницький. Описана характеристика об'єктів теплової схеми, виконано обґрунтування величин які підлягають автоматизації. Керування водогрійним котлом здійснюється контролером SIEMENS RVD-200 та теплообмінниками МІК-51. На базі розрахунків підібрано необхідні автоматичні триходові клапани, які регулюють витрату гарячої води на подавальному та зворотньому трубопроводах. В роботі були використані методи і засоби автоматики для перетворення неавтоматичних процесів в автоматичні.

Було підібрано як і основне, так і допоміжне обладнання для встановлення сонячних колекторів. Визначено для місяців (квітень, травень, червень, липень, серпень та вересень включно) такі показники:  $E_{кр}$ , МДж/(м<sup>2</sup>·день) – середньомісячна денна кількість сумарної сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню;  $q_{кр}$ , МДж/(м<sup>2</sup>·день) – середньомісячна питома теплопродуктивність СК;  $Q_{кр}$ , МДж/місяць –теплова потужність за місяць;  $F_{кр}$ , м<sup>2</sup> –площу сонячних колекторів, та їх кількість 141. Термін окупності  $T$ , становить 7 сезонів.

Визначено склад і об'єми робіт, потреба в машинах, механізмах та в матеріальних ресурсах, трудомісткість монтажу . Визначено загальний час виконання монтажний робіт  $T_{заг} = 8$  днів, склад бригад, а також максимальну кількість людей, що будуть виконувати дану роботу. На транспортування основного і допоміжного обладнання затрачається 28,8 літрів пального.

Після проведення необхідних розрахунків розроблені календарний графік монтажу теплообмінника і допоміжних пристроїв, графік руху робітників та графік руху машин та механізмів.

Було підібрано як і основне, так і допоміжне обладнання для встановлення сонячних колекторів. Визначено  $F_{кр}$ , м<sup>2</sup> –площу сонячних колекторів для кожного місяця, та їх кількість 141. Термін окупності  $T$ , становить 9 сезонів.

Незважаючи на високу вартість системи сонячних колекторів та на значний термін окупності, результати екологічної ефективності такого обладнання роблять його перспективними для нашої держави.