

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М.
ПОТЕБНІ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему «Аналіз енергозберігаючих заходів з метою покращення
ефективності роботи котельного обладнання промислового підприємства»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1442
спеціальності 144 Теплоенергетика

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Теплоенергетика

(назва освітньої програми)

Пахомов В.С.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент ст.викл. Таратута В.О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
Спеціальність 144 Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма 144 Теплоенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц. В.Л. Коваленко

« » 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Пахомов Віталій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Аналіз енергозберігаючих заходів з метою покращення ефективності роботи котельного обладнання промислового підприємства»

керівник роботи Єрофєєва Аліна Анатоліївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.

3 Вихідні дані до роботи : технічні параметри котла типу ДКВР 10-13; розрахункова витрата природного газу котла - 760 м³/год, номінальна теплопродуктивність - 9,1 Гкал/год, річна витрата палива, відпуск теплової енергії в зимовий час на водогрійний котел ДКВР- 4706,5Гкал/рік, питома витрата палива на вироблення теплової енергії - 159,42 кг у.п./Гкал.

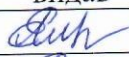
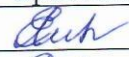
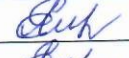
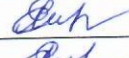
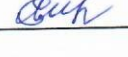
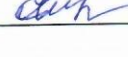
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз паливно-енергетичних ресурсів ПрАТ «Запоріжжкран».

2) Розрахунок теплового навантаження котельної і вибір пікового устаткування. 3) Розрахунок потреби теплової енергії. 4) Розрахунок сонячного колектора.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз витрати палива – природного газу 2) Розрахунок витрати природного газу газоспоживаючим обладнанням 3) Конструктивна схема котлів типу ДКВР. 4) Технічні параметри котла ДКВР. 5) Розрахунок теплової енергії за видами використання. 6) Принципова схема керування пальника WEISHAUPТ. 7) Встановлення сонячного

колектора SINTSOLAR. 8) Ефективність колекторів SINTSOLAR у порівнянні з іншими конструкціями. 9) Додаткове обладнання. 10) Запропоновані типи геліосистем.

6 Консультанти розділів роботи.


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Єрофєєва А.А., доцент каф. ЕІКФС		
Розділ 2	Єрофєєва А.А., доцент каф. ЕІКФС		
Розділ 3	Єрофєєва А.А., доцент каф. ЕІКФС		

7 Дата видачі завдання 10.09.2023 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика промислового підприємства	03.10.2023	
2	Розрахунок теплового навантаження котельної і вибір пікового устаткування	24.10.2023	
3	Впровадження альтернативного рішення для нагрівання води – сонячні колектори Sintsolar	30.11.2023	

Студент


(підпис)

Пахомов В.С.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Єрофєєва А.А.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

В.С. Пахомов. Аналіз енергозберігаючих заходів з метою покращення ефективності роботи котельного обладнання промислового підприємства.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник А.А.Єрофєєва. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена розробці заходів з метою покращення ефективності роботи котельного обладнання ПрАТ «Запоріжжкран».

Перспективним напрямом покращення роботи котлів є їх реконструкція, яку доцільно проводити з встановленням сучасних пальників та автоматики.

Головною перевагою реконструкції є значне зниження споживання палива, збільшення потужності котлів, зниження шкідливих викидів та підвищення безпеки під час їх експлуатації.

У кваліфікаційній роботі зроблено аналіз паливно-енергетичних ресурсів підприємства та представлений варіант модернізації котла ДКВР-10-13 (установка газових пальників Weishaupt) і гарячого водопостачання (установка сонячних геліоколекторів SintSolar), що забезпечує значне зниження енерговитрат з мінімальними капітальними витратами на модернізацію.

Ключові слова: котел, ефективність геліосистеми, пароперегрівач, барабан, конвективний пучок, газовий пальник, сонячний колектор, схема керування пальником

ABSTRACT

Pakhomov V.S. Analysis of energy saving measures to improve the efficiency of boiler equipment of an industrial enterprise.

Qualifying final work for obtaining a master's degree in the specialty 144 - Heat Power Engineering, Supervisor Ph.D., Associate Professor A.A. Yerofieieva. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Research Institute named after Y.M. Potebnya. Department of Electrical Engineering and Cyberphysical Systems, 2023.

The master's thesis is devoted to the development of measures to improve the efficiency of boiler equipment at Zaporizhkran PJSC.

A promising area for improving the operation of boilers is their reconstruction, which should be carried out with the installation of modern burners and automation.

The main advantage of the reconstruction is a significant reduction in fuel consumption, an increase in boiler capacity, a reduction in harmful emissions and an increase in safety during their operation.

The qualification work analyzes the fuel and energy resources of the enterprise and presents a variant of modernization of the DKVR-10-13 boiler (installation of Weishaupt gas burners) and hot water supply (installation of SintSolar solar collectors), which provides a significant reduction in energy consumption with minimal capital costs for modernization.

Keywords: boiler, solar system efficiency, superheater, drum, cyclone, convective beam, gas burner, solar collector, burner control scheme

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	9
1.1 Загальні відомості про підприємство	9
1.2 Аналіз паливно-енергетичних ресурсів ПрАТ «Запоріжжкран»	11
1.3 Аналіз витрати палива – природного газу.....	13
1.4 Опис обладнання котельні	25
2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ І ВИБІР ПІКОВОГО УСТАТКУВАННЯ	35
2.1 Розрахунок потреби теплової енергії.....	35
2.2 Застосування пальника WEISHAUPТ на котлі ДКВР-10-13	40
3 ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ВОДИ – СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ SINTSOLAR	48
3.1 Технічні характеристики сонячного колектора SINTSOLAR.....	48
3.2 Розрахунок сонячного колектора.....	63
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	69

ВСТУП

Актуальність роботи. В контексті сучасної енергетичної динаміки та в умовах стрімкого технологічного розвитку, актуальність модернізації теплових котлів на підприємствах України зумовлюється необхідністю адаптації до високих стандартів енергоефективності та зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу. Велика частина експлуатованих теплових котлів, які функціонують із застарілими пальниками та механізмами регулювання, виявляється несумісною із сучасними енергетичними стандартами та принципами оптимального використання ресурсів.

На сьогодні, котли у ДКВР й досі використовують застарілі пальники з ручним регулюванням і запалюванням, що призводить до невиправданого споживання палива, збільшених викидів в атмосферу і потреби в постійному обслуговуванні персоналу. Оптимальним шляхом покращення роботи цих котлів є їх реконструкція, яка передбачає встановлення сучасних пальників та автоматики.

Інтеграція сонячних колекторів у проєкт модернізації передбачає застосування фотоелектричних технологій для забезпечення ефективного гарячого водопостачання та підтримання енергобалансу.

Мета роботи - розробка заходів з метою покращення ефективності роботи котельного обладнання ПрАТ «Запоріжжкран».

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі задачі:

- провести аналіз паливно-енергетичних ресурсів ПрАТ «Запоріжжкран»;
- проаналізувати існуючі джерела та виявити основні проблеми реконструкції системи теплопостачання;
- розглянути способи, що дозволяють досягти суттєвого підвищення енергетичної ефективності систем теплопостачання;
- виконати розрахунок потреби теплової енергії;

- виконати розрахунок сонячного колектора.

Об'єкт дослідження – котельний агрегат типу ДКВР-10-13 у водогрійному режимі.

Предмет дослідження – енергетична ефективність теплопостачання на гарячого водопостачання.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилання з 23 позицій. Загальний обсяг складає 71 сторінку, у тому числі 18 ілюстрацій та 19 таблиць.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Запорізьке підприємство ПрАТ «Запоріжкран» засноване у 1928 р. Від невеликих механічних майстерень виросло у велике сучасне підприємство з випуску мостових та козлових кранів важких режимів роботи та інших вантажопідійомних машин та обладнання.

ПрАТ «Запоріжкран» - це підприємство, виробнича та випробувальна база якого дозволяє:

- забезпечити виготовлення виробів із прогресивних технологічних процесів з необхідним контролем якості;
- проводити випробування виробів, які передбачені національними та міжнародними стандартами, спеціальними вимогами Замовника.

Унікальна продукція, що випускається підприємством, відповідає вимогам ГОСТ та іншої нормативно-технічної документації, сертифікована за стандартом ISO 9001-2000.

Наявність міжнародного сертифікату якості дозволяє підприємству не лише брати участь у міжнародних тендерах на постачання кранів до країн Близького та Далекого зарубіжжя, а й неодноразово їх вигравати.

ПрАТ «Запоріжкран» має такі підрозділи:

- адміністративно-управлінське;
- цехи:
 - №4 – цех металоконструкцій;
 - №5 – цех дрібних конструкцій та ТГС;
 - №6 – цех механічний;
 - №8 – цех складальний;
 - №9 – інструментальний цех;

№12 – енергомеханічний, у т.ч.: котельня, компресорна станція, киснева станція, вуглекислотна станція;

№13 – ремонтно-будівельний цех;

№14 – транспортний цех;

їдальня, оздоровпункт.

На початок 2022 року середньооблікова чисельність працівників заводу становила 359 осіб.

У виробництві використовується як покупні види ПЕР: електрична енергія, природний газ, дизельне паливо та бензин (для роботи транспорту), так і власного виробництва – тепла енергія, стиснене повітря, кисень.

Фактичне споживання палива теплової та електричної енергії представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Фактичне споживання палива теплової та електричної енергії:

Види ПЕР	Одиниця виміру	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Електроенергія	тис.кВт	10262,0	11062,0	9544,0	8118,0	6907,0
Теплова енергія	Гкал					
Газ	тис.м ³	2442,0	2499,0	2590,0	1684,0	1464,0
Мазут	т					
Вугілля	т					
Усього	т у.п.	6527,0	6881,0	6440,2	4875,9	4184,8

1.2 Аналіз паливно-енергетичних ресурсів ПрАТ «Запоріжжкран»

Природний газ – використовується в технологічних процесах виробництва продукції та основний вид палива для заводської котельні, використовується також на сучасному опалювальному устаткуванні: ПЧ-нагрівачі, повітронагрівачі.

Підприємство має комерційний та технологічний облік споживання газу.

Комерційний облік газу встановлений на введенні газопроводу – Ду100 – на підприємство та здійснюється вимірювальною системою в комплекті:

- турбінний витратомір-лічильник газу №ЛГ-К-Ех-100-250-1,6» Ду100 - 1 од., межа вимірювань $V_g = 20 \div 400 \text{ м}^3$;

- датчики тиску та температури;

- обчислювач газу «Універсал».

Комплект встановлений у приміщенні заводської котельні.

Технологічний облік газу здійснюється:

а) на котли – вимірювальною системою у комплекті:

- звужуючий пристрій - діафрагма;

- датчики тиску та перепаду тиску типу «Сапфір»;

- датчики температури;

- обчислювач типу «Сакура»;

б) на цехи – встановлені роторні лічильники газу:

- цех №4 – РС-40; РЛ-10 – 2 од.;

- цех №5 – РГ-40 – 1 од.;

- цех №6 – РГ-100 (на газові печі термообробки) – 1 од.

- їдальня – G4-РЛ – 1од.

Результати вимірювань контролюються та обробляються щодобово.

Електропостачання виробництва забезпечується від мереж підстанцій «Правобережна» 150/35/6 кВ двома фідерами 6 кВ, комірки Ф4-01; Ф4-02; Ф8-02 згідно з договором ПАТ «Запоріжжяобленерго».

На балансі підприємства знаходяться кабельні мережі 6 кВ, 0,6 кВ, 0,4 кВ, електроприймачі живлення ПрАТ «Запоріжжкран» відповідно до затвердженої межі балансового розмежування електромереж та експлуатаційної відповідальності.

Облік електроенергії:

а) комерційний забезпечується лічильниками «Енергія-9» – 2 од. Лічильники багатофункціональні електронні типу СТК-3-10-Q-2ТЗМ. Встановлено на підстанції «Правобережна»;

б) технологічний забезпечується лічильниками встановленими у ТП (23 од.):

- СА4У - І672М - 10 од.;
- СА3У – І670М – 4 од.;
- СА4У – І689 – 1 од.;
- трансформатори струму 600/5 – 4 од.;
- трансформатори напруги 6000/100 – 4 од.

Теплова енергія на опалення та гаряче водопостачання виробляється власною котельнею.

В даний час, у зв'язку з умовами виробництва, що змінилися, із встановлених котлів працюють:

- один паровий котел ДКВР-10/13 – у водогрійному режимі, якщо температура зовнішнього повітря нижче -5°C . Котел обладнаний економайзером системи ВТІ;

- водогрійний котел «Грач» – 1 одиниця, якщо температура зовнішнього повітря вище -5°C .

В опалювальний період підготовка гарячої води здійснюється швидкісним підігрівачем МВН 1437-06 у водоводяному режимі.

У літній період підготовка гарячої води здійснюється:

- для підприємства – котлами типу КС-ТГВ-25 – 3 од.;
- для їдальні – котлом КС-25, встановленого на даху їдальні.

Температурний графік роботи котельні – 95/70 °С, гаряча вода для системи ГВП подається температурою 55 °С.

Режим роботи котельні - цілий рік.

Кількість виробленої теплової енергії визначається розрахунковим шляхом за кількістю витраченого палива – газу.

Стиснутим повітрям підприємство забезпечується:

- від власної компресорної, де встановлені чотири поршневі компресори;
- від цехових компресорів, що забезпечують стисненим повітрям цехи № 4,5,8 за певним графіком роботи цих цехів.

Зберігання та розподіл кисню підприємством здійснюється у власній кисневій станції.

Подача газоподібного кисню в цехи враховується вимірювальним комплектом на основі пристрою, що звужує, з вторинним приладом КСД-2.

Межа вимірювання $Q = 200 \text{ м}^3$.

Шкала фактичної витрати $Q_f = (20-175) \text{ м}^3$.

1.3 Аналіз витрати палива – природного газу

Природний газ на підприємстві використовується для виробництва теплової енергії на власній котельні, на технологічні процеси, а також на повітряне опалення та інфрачервоні обігрівачі (пряме опалення). За результатами здійснених розрахунків складається структура використання природного газу на підприємстві, паливний баланс підприємства, який є критерієм раціонального режиму споживання палива всього підприємства.

Витрата природного газу за підрозділами представлена у таблиці 1.2.

Баланс газу підприємства представлений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 - Витрата природного газу по підрозділу

№ п/п	Напрямок використання	Витрата газу		Витрата газу		Наявність приладу
		тис. м ³ /рік	т.у.п.	%		
1	Виробництво теплової енергії			72,12		
1.1	Котельня	1730,83	1990,45		86,46	лічильник
1.2	Прямий обігрів	271,05	311,71		13,54	лічильник
	Усього	2001,88	2302,16		100	
2	Технологія			27,88		
2.1	Газові печі для термообробки	437,04	502,60		56,48	лічильник
2.2	Цех №4	171,03	196,68		22	лічильник
2.3	Цех №5	7,44	8,56		0,96	обрахунок
2.4	Цех №8	158,23	181,96		20	лічильник
	Усього	773,74	889,80		100	
	Разом	2775,62	3191,96	100		лічильник

Діаграма витрат природного газу на вироблення теплової енергії представлена на рисунку 1.1.

Діаграма споживання природного газу обладнанням представлена на рисунку 1.2.

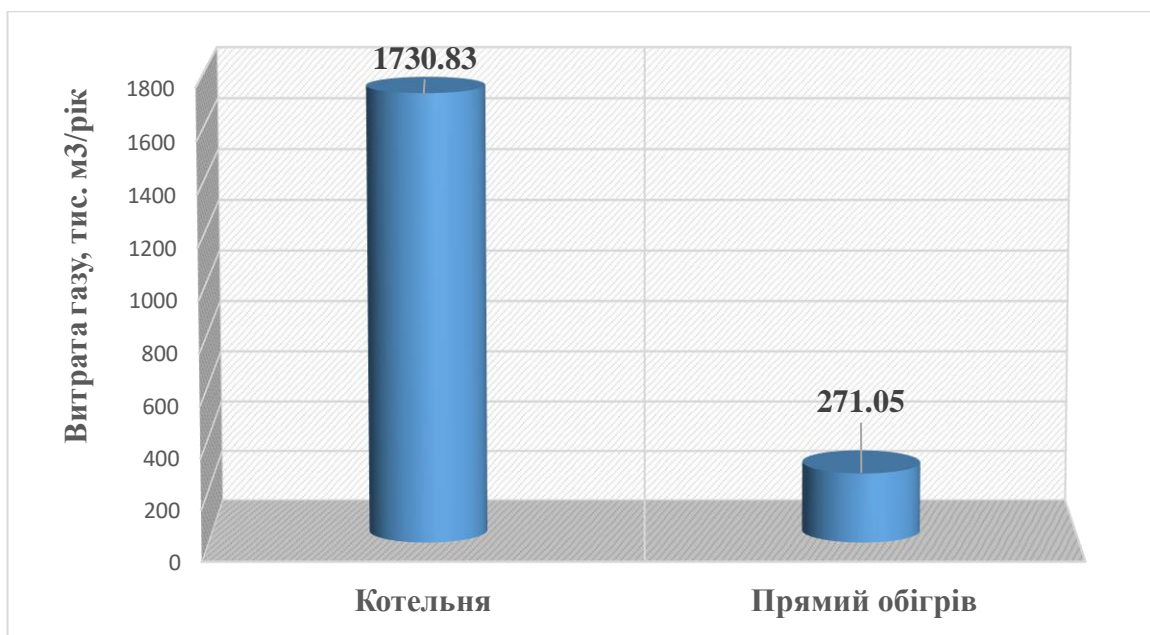


Рисунок 1.1 – Графік співвідношення витрат газу на виробництво теплової енергії

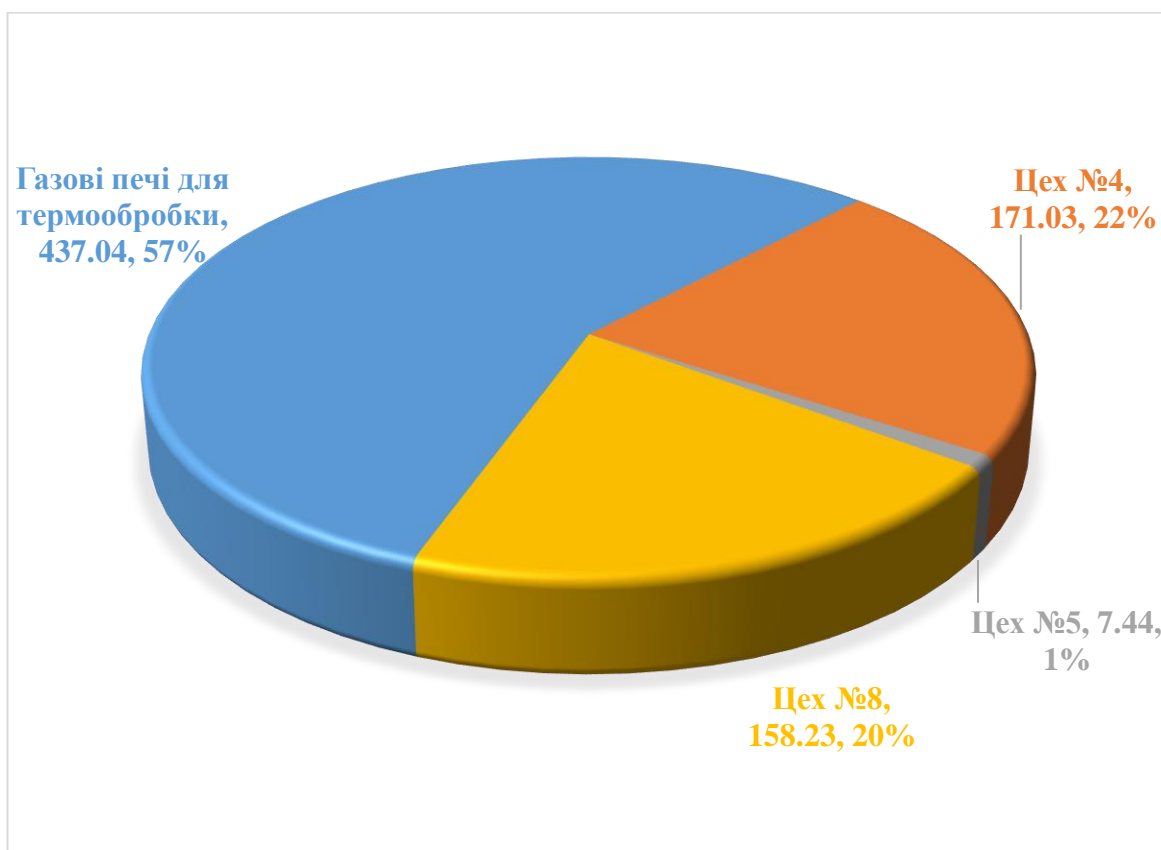


Рисунок 1.2 – Діаграма споживання природного газу обладнанням

Таблиця 1.3 – Паливний баланс підприємства

№ п/ п	Найменування продукції			Металоконструкція		
	Найменування норми	Позна - чення	Розрахунков а формула	Норма витрат, нм ³ /т	План вироб- ництва, тонн	Річна витрата палива, тис.м ³
1	Технологічна	H_T	$H_T = V_T / M$	140,68	5500,00	773,74
2	Загальнозаводсь ка допоміжна	H_{OB}	$H_{OB} = V_{B3} / M$	363,98		2001,88
3	Загальновиробн ича	H_{OP}	$H_{OP} = H_T + H_{OB}$	504,66		2775,62

Газ використовується:

- у газових печах для термообробки деталей;
- для газорізання металу;
- для сушіння та підігріву і т.д.

Розрахунок витрати природного газу на інше газоспоживаюче обладнання представлений у таблиці 1.4.

Розрахункова формула має вигляд, м³/рік:

$$B = V \cdot N \cdot K_B \cdot K_n \cdot \tau \quad (1.1)$$

де V – газоспоживання обладнання, м³/год;

N – кількість однотипного обладнання, од.;

K_B – коефіцієнт використання;

K_n – коефіцієнт попиту;

τ – час роботи обладнання за рік, год.

Таблиця 1.4 – Розрахунок витрати природного газу газоспоживаючим обладнанням

№ з/п	Найменування , місце встановлення	Кількість , од., N	Споживання газу, м ³ /год, V	Коефіцієнти		Час роботи , год/міс τ	Витрата газу, м ³ /міс, V	Витрата газу, м ³ /рік, V
				використання K _в	попиту K _п			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Цех №4 (ПМК)							
1	«Комета» М 3,63	2	3,78	0,1	1	152	114,9	1378,9
2	«Зміна – 2»	1	3,6	0,1	1,01	152	54,7	656,6
3	«Зміна – ІМП»	1	3,6	0,1	1,01	152	54,7	656,6
4	«Кристал» П П2КП-2,5	1	4,1	0,7	0,7	152	305,4	3664,4
5	Різак «Ефект»	18	1,8	0,4	0,5	152	985,0	11819,5
6	Пальник для сушіння піску	1	25	0,6	1	152	2280,0	27360,0
7	АСШ – 70	1	5	0,1	1	152	76,0	912,0
8	Messer Multi Therm 4000	1	5,6	0,5	1	152	425,6	5107,2
9	Пальник для підігріву	2	10,0	0,6	0,5	152	912,0	10944,0

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Фарбна камера	1	35,0	0,7	1	152	3724,0	44688,0
11	ДСПК GETRASUR PC BE2475	1	50,0	0,7	1	152	5320,0	63840,0
	Усього за цехом №4						14252,3	171027,4
	Цех №5							
1	Різак «Ефект»	2	1,8	0,3	1	152	164,2	1969,9
2	ГРМ АСШ – 70	1	5	0,6	1	152	456,0	5472,0
	Усього за цехом №5						620,2	7441,9
	Цех №8 (складальний)							
1	Різак «Ефект»	2	1,8	0,3	1	152	164,2	1696,9
2	Обігрівач на верстат	1	1,2	0,6	1	176	126,7	1520,6
3	Обігрівач на верстат Zauer	1	1,2	0,6	1	176	126,7	1520,6
4	Загартування коліс FH – 1210 – 06	1	120	0,7	1	152	12768,0	153216,0
	Усього за цехом №8						13185,6	158227,2
	Усього						28058,0	336696,5

Розрахунок витрати природного газу на обладнання прямого обігріву: ПЧ-нагрівачі та повітрянагрівачі представлений у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок витрати природного газу газоспоживаючим обладнанням прямого обігріву: ПЧ-нагрівачі та повітрянагрівачі

№ з/п	Найменування, місце встановлення	Кількість, од. N	Споживання газу, м ³ /год V	Коефіцієнти		Час роботи, год/міс τ	Витрата газу у період опалення, м ³ /міс V	Витрата газу, м ³ /рік V
				Використання	Попиту			
				K_g	K_n			
	Цех №4 (ПМК)							
1	Теплогенератор «Тесноліма» ТС-150 Е/К	2	16,4	0,4	1	154	2020,5	14143,4
2	ПЧ-нагрівачі «Adrian-RAD» АА-501	22	5,5	0,5	1,0	450	27225,0	163350,0
	Усього за цехом №4						29245,5	177493,4
	Цех №8							
3	ПЧ-нагрівачі «Karliewklima» EURAD 9H	9	5,5	0,7	1	450	15592,5	93555,0
	Усього за цехом №8						15592,5	93555,0
	Усього						44838,0	271048,4

Розрахункова формула має вигляд, м³/рік:

$$B = V \cdot N \cdot K_1 \cdot K_C \cdot \tau \quad (1.2)$$

де V – газоспоживання обладнання, м³/год;

N – кількість однотипного обладнання, од.;

K_e – коефіцієнт використання;

K_n – коефіцієнт попиту;

τ – час роботи обладнання за рік, год.

Розрахунок витрати палива на котельню.

Котельня призначена для покриття потреби в тепловій енергії на опалення та гаряче водопостачання. Паливовикористовуюче обладнання котельні представлено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Паливовикористовуюче обладнання котельні

Паровий котел у водогрійному режимі	ДКВР-10/13	1 од.
Котел	КВГ-5,2-115СН «Грач»	1 од.
Котел	КС-ТГВ-25	3 од.

В опалювальний період працюють:

а) на опалення:

- котел ДКВР-10/13 – 40 % опалювального періоду;

- котел «Грач» – 60 % опалювального періоду;

б) для підготовки гарячої води:

- для системи ГВП – швидкісний підігрівач МВН 1437-06 у водоводяному режимі.

У літній період працюють на підготовку гарячої води для системи ГВП – котли КС-ТГВ-25 – 3 од.

Параметри:

- системи опалення – 95/75 °С;
- системи ГВП – 55/60 °С.

Параметри встановлених котлів представлені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Параметри встановлених котлів

Котел	Продуктивність, Гкал/год	ККД котла,%	Пит. витрата палива на розпалювання котла, кг.у.п.
ДКВР-10/13	4,41	91,02	540
«Грач»	3,1	91,58	280
КС-25	0,021	84,5	

Розрахунок необхідної кількості палива виконаний на підставі режимно-налагоджувальних робіт на котлах ДКВР-10/13, «Грач», розрахункових витрат теплової енергії на опалення, гаряче водопостачання, власні потреби котельні та тепловтрата у мережах системи, опалення та ГВП:

- розрахункове навантаження теплопостачання – відпуск теплової енергії в зимовий час на водогрійні котли ДКВР та «Грач», Гкал/рік:

$$Q = Q_{\text{от}} + Q_{\text{пот.от}} + Q_{\text{гвс}} + Q_{\text{пот.гвс}} ; \quad (1.3)$$

$$Q = 11766,2;$$

$$Q_1 = 7059,7 \text{ Гкал/рік} - \text{котел «Грач»};$$

$$Q_2 = 4706,5 \text{ Гкал/рік} - \text{котел ДКВР-10/13};$$

- питома витрата палива на вироблення теплової енергії (по режимній карті) (середня за режимами по режимній карті):

$$B_{\text{бр}} = 156,83 \text{ кг у.п./Гкал - котел «Грач»};$$

$$B_{\text{бр}} = 159,42 \text{ кг у.п./Гкал - котел ДКВР-10-13.}$$

- річна витрата теплової енергії на власні потреби котельні, Гкал/рік:

$$Q_{\text{СН}} = 0,05 \cdot Q, \quad (1.4)$$

$$Q_{\text{СН}} = 0,05 \cdot 0,05 \cdot 11766,2 = 588,3;$$

- річне вироблення теплової енергії, Гкал/рік:

$$Q_{\text{ВИР}} = Q + Q_{\text{СН}}; \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{ВИР}} = 11766,2 + 588,3 = 12354,5 \text{ Гкал / рік.}$$

$$Q_{\text{ВИР}} = 412,7 \text{ Гкал/рік - котел «Грач».}$$

$$Q_{\text{ВИР}} = 4941,8 \text{ Гкал/рік - котел ДКВР-10/13;}$$

- річна витрата умовного палива на вироблення теплової енергії, т у.п.:

$$B_{\text{у}}^{\text{вир}} = Q_{\text{ВИР}} \cdot B_{\text{ВБ}} \cdot 10^{-3} \quad (1.6)$$

$$B_{\text{у}}^{\text{вир}} = 1162,5 \text{ т у.п. - котел «Грач»};$$

$$B_{\text{у}}^{\text{вир}} = 787,8 \text{ т у.п. - котел ДКВР-10/13.}$$

- Витрата умовного палива на розпалювання котла:

Кількість розпалювання за 2021 рік – 35 разів:

а) котел «Грач» – 20 разів;

б) котел ДКВР-10/13 - 15 разів.

$$B_{\text{у}}^{\text{роз}} = 13,7 \text{ т у.п.}$$

- Витрата умовного палива, т у.п.:

$$B_y = B_y^{\text{вип}} + B_y^{\text{роз}}; \quad (1.7)$$

$$B_y = 1964,1.$$

- Річна витрата природного газу, тис. м³:

$$B_{\text{ГГ}} = \frac{B_y}{k}, \quad (1.8)$$

де k - коефіцієнт перерахунку, $k=1,15$,

$$B_{\text{ГГ}} = 1707,87.$$

- Питома витрата умовного палива на відпуск теплової енергії, кг у.п./Гкал:

$$B_y^{\text{от}} = B_y \cdot \frac{10^3}{Q}; \quad (1.9)$$

$$B_y^{\text{от}} = 1964,1 \cdot \frac{1000}{11766,2} = 166,92.$$

- ККД котельної нетто, %:

$$\eta_{\text{NETTO}} = 142,8 \cdot \frac{100}{B_y^{\text{от}}}; \quad (1.10)$$

$$\eta_{\text{NETTO}} = 85,5.$$

Розрахунок витрати газу на літній період:

- розрахункове навантаження теплопостачання – відпуск теплової енергії на ГВП:

$$Q_{ГВСЛ} = 156,2 \text{ Гкал/рік} - \text{котел КС-25};$$

- питома витрата палива на вироблення теплової енергії:

$$B_{бр} = 169,0 \text{ кг у.п./Гкал} - \text{котел КС-25};$$

- річна витрата умовного палива на вироблення теплової енергії, т у.п.:

$$B_{БР}^{ВІР} = Q_{ВІР} B_{бр} \cdot 10^{-3}; \quad (1.11)$$

$$B_{БР}^{ВІР} = 26,40 \text{ т у.п.} - \text{Котел КС-25};$$

- річна витрата природного газу, тис.м³:

$$B_{ГГ} = \frac{B_y}{\kappa}, \quad (1.12)$$

$$B_{ГГ} = 22,96 .$$

Сумарна витрата на вироблення теплової енергії котлами – умовного палива – 1990,45 т у.п., або природного газу – 1730,83 тис.м³;

- відпуск теплової енергії промисловими котельнями, кг у.п./Гкал:

$$B_y^{кот} = (B_y + B_y^{вир}) \cdot \frac{10^3}{Q + Q_{ГВСЛ}}; \quad (1.13)$$

$$B_y^{кот} = 166,95.$$

1.4 Опис обладнання котельні

У котельні розміщено:

- котел типу ДКВР-10-13 у водогрійному режимі;
- водогрійний котел типу КВ-Г-5,2-115 СН «Грач»;
- 3 котли КС-ТГВ-25 для підігріву води в літній період.

Котли працюють на природному газі низького тиску, пом'якшення підживлювальної води здійснюється в НА-катіонітовій установці.

Видалення димових газів від котлів здійснюється за окремими металевими газоходами з опусканням у підземний газохід, що примикає до цегляного димаря заввишки 30 м з діаметром гирла 1,9 м.

Технічні параметри котла ДКВР 10-13 представлені у таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Технічні параметри котла типу ДКВР 10-13

Найменування	Одиниця виміру	Характеристика
Номінальна теплопродуктивність	Гкал/год	9,1
Розрахункова витрата природного газу	м ³ /год	760
Розрахункова температура води на виході з котла	°С	95
Робочий тиск води на вході в котел	МПа	1,3
Розрахунковий тиск	МПа	0,7
Витрата води через котел	м ³ /год	220
Температура пари на виході	°С	194
ККД котла (газ)	%	91
Кількість газопальникових пристроїв	шт	2
Тип газопальникових пристроїв	-	ГМГ-5
Тиск газу перед пальником	кг · с/м ²	380
Тиск повітря перед пальником	кг · /м ²	200

Умовне позначення парового котла ДКВР означає – двобарабанний котел, водотрубний, реконструйований. Перша цифра після найменування котла позначає паропродуктивність, т/год, друга - надлишковий тиск пари на виході з котла, кгс/см² - (для котлів з пароперегрівачами тиск пари за пароперегрівачем), третя - температуру перегрітої пари, °С.

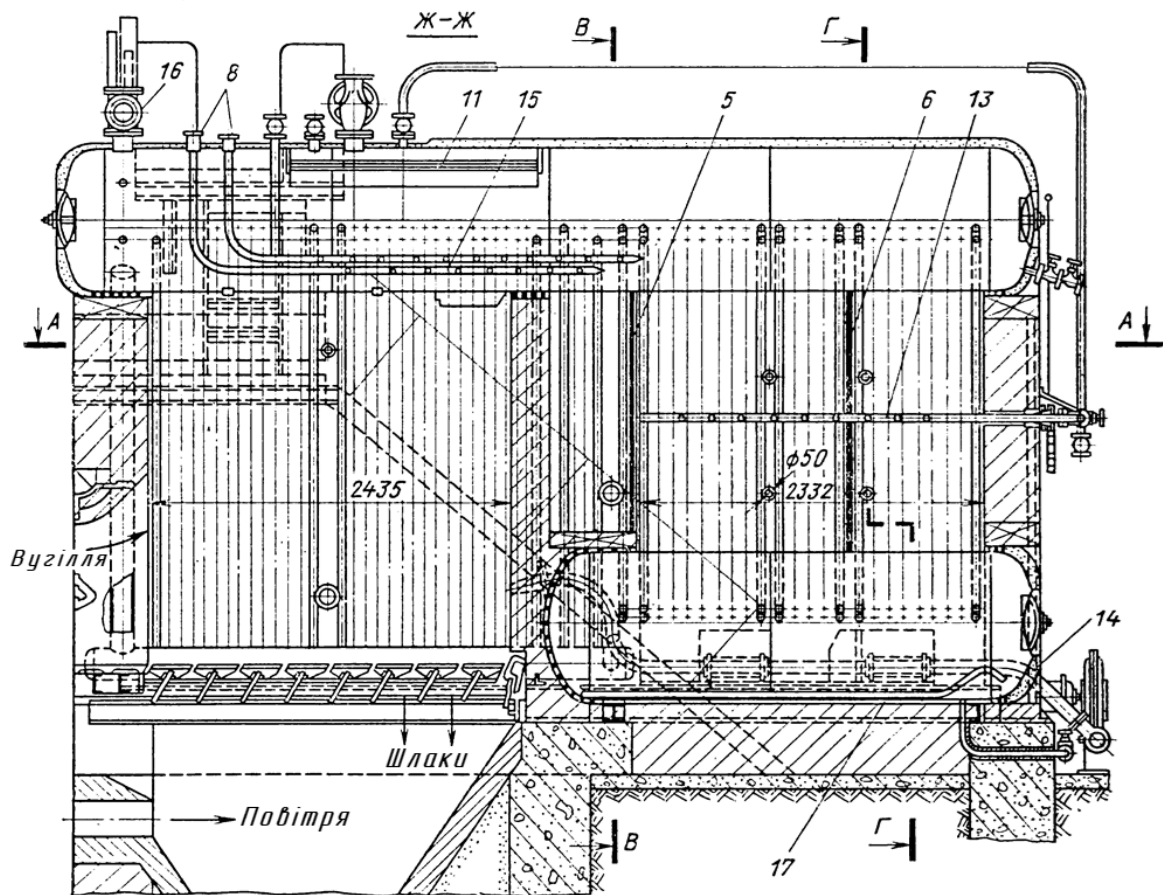
Конструктивна схема котлів типу ДКВР паропродуктивністю 2,5, 4, 6,5 і 10 т/год однакова незалежно від палива, що використовується, і застосовуваного топкового пристрою (рис. 1.3).

Технічні параметри водогрійного котла КВ-Г-5,2-115 СН «Грач» представлені у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Технічні параметри водогрійного котла типу КВ-Г-5,2-115 СН «Грач»

Найменування	Одиниця виміру	Характеристика
Теплопродуктивність до	Гкал	4,5
Робочий тиск води на вході в котел до	МПа	0,8
Витрата води через котел до	т/год	70-100
Розрахункова витрата природного газу	м ³ /год	560
Водяний об'єм	м ³	1,2
ККД котла	%	94,0
Габаритні розміри:		
- ширина	мм	2500
- висота з опорною рамою	мм	2450
- довжина з пальником	мм	5900
Об'єм камери згоряння	м ³	6,7
Площа поверхні нагріву:		
- радіаційна	м ²	23,4
- конвективна	м ²	92,4
Кількість газопальникових пристроїв	Од.	1
Тип газопальникових пристроїв	-	ГМГ-4

Перед котельним пучком котлів продуктивністю до 10 т/год розташована камера топки, яка для зменшення втрат з винесенням і хімічним недопалом ділиться цегляною шамотною перегородкою на дві частини: власне топку і камеру догорання. Між першим та другим рядами труб котельного пучка встановлюється шамотна перегородка, що відокремлює кип'ятильний пучок від камери догорання.



1 - топкова камера, 2 - кип'ятильний пучок, 3 - цегляна стінка, 4 - камера догорання, 5 - шамотна перегородка, 6 - чавунна перегородка, 7 - кип'ятильні труби, 8 - лінії надходження живильної води, 9 - котельний пучок, 10 - труби, 11 - сепаратор вологи, 12 - опорна рама, 13 - парові обдувні апарати, 14 - пристрій для повернення з газоходів на палаючий шар недогорілого вугілля, 15 - живильні труби, 16 - запобіжний клапан, 17 - труба для періодичної продувки

Рисунок 1.3 - Конструктивна схема котлів типу ДКВР

Таким чином перший ряд труб котельного пучка - задній екран камери догоряння. Усередині котельного пучка чавунна перегородка ділить його на перший та другий газоходи. Вихід газів з камери догоряння та з котла асиметричний. За наявності пароперегрівача частина кип'ятильних труб не встановлюється, пароперегрівач розміщується в першому газоході після другого та третього ряду кип'ятильних труб. Вода в труби фронтних екранів котлів продуктивністю до 10 т/год надходить одночасно з верхнього та нижнього барабанів. У котлах із короткими верхніми барабанами застосовано двоступінчасте випаровування та встановлені виносні циклони.

Живлення бічних екранів водою здійснюється з нижніх колекторів, куди вода надходить опускними трубами з верхнього барабана і одночасно по сполучних трубах нижнього барабана. Така схема підведення води в колектори підвищує надійність роботи котла при зниженому рівні води та сприяє зменшенню відкладень шламу у верхньому барабані.

У котлах без пароперегрівачів за відсутності особливих вимог до якості пари та вмісту котлової води до 3000 мг/л, а також у котлах з пароперегрівачем при солевмісті котлової води до 1500 мг/л застосовується сепараційний пристрій, що складається з жалюзі та дірчастих листів.

На котлах паропроductивністю 6,5 і 10 т/год з одноступеневим випаром, що працюють з тиском 1,3 і 2,3 МПа, лазові затвори встановлюються також і на передніх днищах верхніх барабанів.

По нижньому утворенню верхніх барабанів усіх котлів встановлюються дві легкоплавкі пробки, призначені для запобігання перегріву стінок барабана під тиском. Сплав металу, яким заливають пробки, починає плавитися під час спускання води з барабана та підвищення температури його стінки до (280-320) °С. Шум пароводяної суміші, що виходить через отвір, який утворюється в пробці при розплавленні сплаву, є сигналом персоналу для вживання екстрених заходів до зупинки котла. Завод-виробник застосовує у легкоплавких пробках сплав наступного складу:

свинець С2 або С3 – 90 %: олово О1 або О2– 10 %. Коливання температури плавлення металу допускається не більше (240-310) °С.

Введення поживної води виконано у верхній барабан, у водяному просторі якого вона розподіляється по поживній трубі. Для безперервного продування на верхньому барабані встановлюється штуцер, на якому змонтована регулююча та запірна арматура. У нижньому барабані встановлюються перфорована труба для періодичного продування та труби для прогрівання котла парою при розпалюванні.

Згини труб екранів і конвективного пучка виконані з радіусом 400 мм, при якому механічне очищення внутрішньої поверхні не становить труднощів. Механічна очистка труб конвективного пучка та екранів проводиться з верхнього барабана. Камери екранів очищаються через люки, що встановлюються на кожній камері.

Камери котлів типу ДКВР виготовляються із труб діаметром 219мм х 8мм для котлів із робочим тиском 1,3 МПа. Конвективні пучки виконуються з коридорним розташуванням труб. Камери, екранні та конвективні труби котлів типу ДКВР виготовляються із вуглецевої сталі марок 10 та 20.

Пароперегрівачі котлів уніфіковані за профілем і відрізняються один від одного для котлів різної продуктивності числом паралельних змійовиків. Розміщують пароперегрівачі в першому газоході. Для виготовлення пароперегрівачів застосовуються труби діаметром 32мм х 3мм із сталі 10. Камери пароперегрівачів виконуються із труб діаметром 133мм х 5мм для котлів із робочим тиском 1,3 та 2,3 МПа. Вхідні кінці труб пароперегрівача кріпляться у верхньому барабані вальцюванням, вихідні кінці труб приварюють до камери (колектора) перегрітої пари. При робочому тиску 1,3 і 2,3 МПа пароперегрівачі виконуються одноходовими по парі без пароохолоджувача. Температура перегріву пари при спалюванні різних палив може коливатися не вище 25 С.

Очищення зовнішніх поверхонь нагріву від забруднень у котлах здійснюється обдуванням насиченою або перегрітою парою з тиском перед

соплами 0,7-1,7 МПа, допускається застосовувати для цих цілей стиснене повітря. Для обдування застосовують стаціонарні обдувні прилади та переносні, що використовуються для відчищення екранів і пучків труб від золених відкладень через лючки.

Котли ДКВР-10-13 високого компоновання опорної рами не мають. Температурні переміщення елементів котла щодо нерухомої опори, якою є передня опора нижнього барабана, забезпечуються рухомими опорами камер бокових екранів та нижнього барабана.

У котлах паропродуктивністю 10 т/год камери фронтального та заднього екранів кріпляться кронштейнами до каркаса, камери бічних екранів кріпляться до спеціальних опор. У всіх котлах верхні барабани не мають спеціальних опор, навантаження від них через труби конвективного пучка та екранів сприймається опорами нижнього барабана та колекторів.

Котли типу ДКВР не мають силового каркаса, в них застосовується каркас обв'язування, який в котлах з полегшеним обмуровуванням використовується для кріплення обшивки.

У блочно-транспортельних котлах паропродуктивністю 10 т/год на тиск 1,3, 2,3, 3,9 МПа з короткими верхніми барабанами застосовується двоступінчасте випаровування з установкою в другому ступені виносних циклів. Застосування циклів дозволяє зменшити відсоток продувки та покращити якість пари при роботі на поживній воді з підвищеним вмістом солі. У конвективний пучок вода надходить з верхнього барабана через труби, що обігріваються з останніх рядів труб самого пучка і через нижній барабан. Вода з виносних циклів надходить у нижні колектори екранів, а пара – у верхній барабан, де очищається разом із парою першого ступеня випаровування, проходячи через жалюзі та (дірчастий) перфорований лист. Стійкість роботи циркуляційних контурів бічних екранів забезпечується застосуванням труб рециркуляційних діаметром 51 мм.

Ці котли призначені не тільки для опалювально-виробничих цілей і при тиску 39 атм. можуть бути використані у невеликих енергетичних установках.

Для всієї серії котлів екрани та котельні пучки виконуються із сталевих безшовних труб діаметром 51 мм та товщиною стінки 2,5 мм. Бічні екрани виконані з кроком 80 мм, у котлах із фронтним та заднім екраном крок труб прийнятий 130 мм. У кип'ятильних пучках труби розташовані в коридорному порядку з кроком 100 мм вздовж осі та 110 мм уперек осі котлів.

Ширина конвективного пучка котлів продуктивністю 2,5 та 4 т/год – 2180 мм, продуктивністю 6,5 та 10 т/год – 2810 мм.

При спалюванні мазуту і газу значно менше надлишку повітря, ніж при спалюванні твердого палива, тому зменшуються обсяги продуктів згоряння через котел, що дозволяє підвищити паропроодуктивність котлів на 40-50 %. Однак при цьому повинні бути виконані умови, що запобігають підвищенню температури стінки барабанів. Зокрема, необхідно забезпечувати ретельну підготовку поживної води (для зниження утворення накипів) і надійно ізолювати поверхню верхніх барабанів, що обігрівається, в топці і камері догоряння.

Останній захід в умовах високих температур часто-густо бажаного ефекту не дає. Тому скорочення довжини барабана, а власне, те, що його стали розміщувати поза камерою топки в поєднанні з виносними циклонами, зробило роботу котлів більш надійною; з'явилися котли з укороченими барабанами та повністю екранованими топковими пристроями. На рисунку 1.4 показано циркуляційну схему котла ДКВР-10 з укороченим верхнім барабаном (у низькій компоновці), виносними циклонами, екранними поверхнями та включенням їх у загальну систему циркуляції котла.

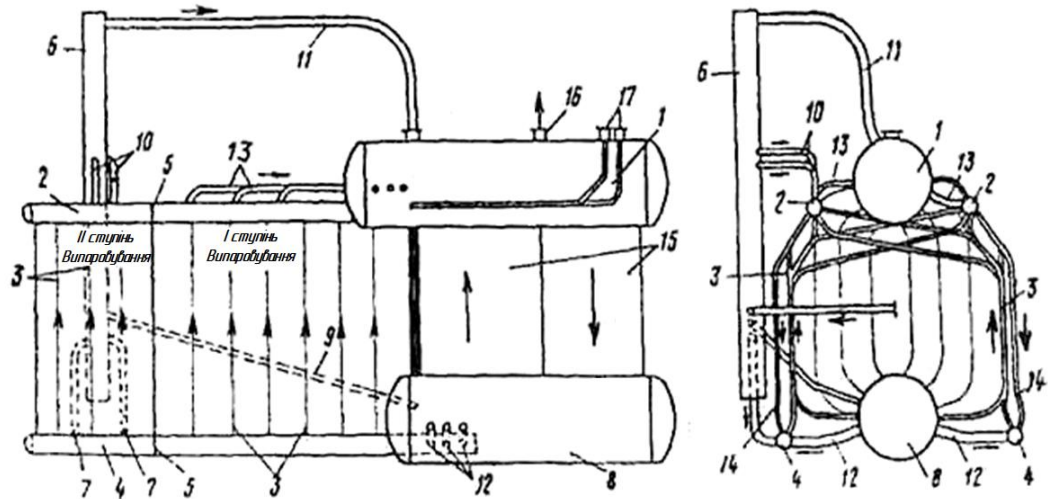


Рисунок 1.4 – Загальна схема циркуляції котла ДКВР-10

Верхній барабан 1 в області камери топки замінений двома колекторами 2 екранів 3. У II ступені випаровуванні виділені передні частини обох бічних екранів шляхом установки у верхніх 2 і нижніх колекторах 4 перегородок 5. Живлення екранів II ступеня випаровування здійснюється з двох виносних циклонів 6 через опускні труби 7, з'єднані з нижніми колекторами 4 екранів 3. Підживлення циклонів ведеться з нижнього барабана 8 по трубах 9. Пароводяна суміш з труб екранів надходить у передню частину верхніх колекторів 2, звідки трубами 10 направляється у виносні циклони 6. Після відділення води пар відводиться по трубах 11 барабан 1, а вода йде в опускні труби циклонів. Живлення екранів I ступеня випаровування відбувається через труби 12, приварені до нижнього барабана та нижнім колекторам екранів. Пароводяна суміш з екранів цього ступеня випаровування відводиться по трубах 13 у верхній барабан. Через невелику висоту контурів у всіх екранів обох ступенів випаровування є рециркуляційні труби 14.

Живильними трубами кип'ятильного пучка 15 служать останні ряди, що обігриваються. Пар відбирається через штуцер 16. Живильна вода надходить у барабан по трубах 17. Безперервне продування котла здійснюється тільки з циклонів; періодична ж – з верхнього та нижнього барабанів, збірних екранних колекторів та з низу виносних циклонів.

Усі попередні роки для спалювання палива у топках котла ДКВР-10-13 застосовувалися пальники ГМГм, ГМ, ГМП та РГМГ. Дані пальники працюють за принципом дифузійного змішування, коли турбулізація та закручування потоку повітря досягається шляхом встановлення в пальники лопаткового реєстра.

Практична багаторічна експлуатація пальників показала як позитивні, і негативні особливості їх роботи. Наведемо деякі приклади:

- закручування потоку повітря різко скорочує підготовчу стадію горіння (підігрів та займання палива) та активно сприяє догоранню коксових частинок. Одночасно з цим виникає значна нерівномірність розподілу теплових потоків за довжиною смолоскипа. При роботі пальників ГМ максимум випромінювання розташований у головній частині топки. У міру вигорання палива теплові потоки знижуються і в кінці камери топки в 2-2,5 рази нижче початкових потоків. Коефіцієнт теплової ефективності екранів на початку топки становить 0,68-0,64 за середнього значення 0,44-0,576;

- величина максимальних теплових потоків та їх місцезнаходження визначає вимоги до параметрів та умов роботи середовища у циркуляційному контурі котла;

- температура у локальній зоні горіння перевищує пороговий рівень (1550 °С), після якого починається інтенсивне окислення атомарного азоту;

- недосконалість підведення повітря в реєстрову частину пальника призводить до значної швидкісної та видаткової нерівномірності на виході з пальника. Горіння зтягується та порушується симетрія факела щодо осі котла. Коефіцієнти надлишку повітря набагато перевищують розрахункові величини, має місце торкання смолоскипом задньої стінки котла і зтягування смолоскипа в конвективний пучок;

- для розпилення рідкого палива в реєстрових пальниках використовуються паромеханічні форсунки, що вимагає додаткової витрати пари на власні потреби. Основним недоліком паромеханічних форсунок є зміна зовнішньої форми та внутрішньої будови факела зі зміною тиску подачі

палива. При незмінній епюрі розподілу швидкостей повітряного потоку зміна показників паливного факела призводить до якісного погіршення спалювання палива;

- рівень автоматизації управління процесом спалювання палива обмежується тільки захисними та показовими функціями.

Виробники пальників останні десятиліття практично не проводили роботи з модернізації та автоматизації процесів спалювання на своїх пальниках.

2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ І ВИБІР ПІКОВОГО УСТАТКУВАННЯ

2.1 Розрахунок потреби теплової енергії

Теплова енергія на господарсько-побутові потреби – опалення та гаряче водопостачання. Структура споживання теплової енергії наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Структура споживання теплової енергії

№ з/п	Найменування споживання	Річний обсяг споживання, Гкал	Частка загального теплоспоживання, %
1	Опалення	9447,3	85,0
2	Господарські побутові потреби	985,7	5
	Усього	10033	
3	Тепловтрати, всього	1062,21	10
3.1	У мережах системи опалення	751,67	
3.2	У мережах системи ГВП	310,54	
	Усього	11095,2	100,00

Витрата теплоенергії за видами використання представлена в таблицях 2.2 та 2.3.

Розрахунок потреб теплової енергії на опалення виконано за обсягами будівель та їх питомими тепловими характеристиками (за укрупненими показниками).

Таблиця 2.2 - Розрахунок теплоенергії за видами використання

№ з/п	Найменування	Витрата теплоенергії			
		Гкал/рік	%	Умовне паливо $V_y = Q \cdot V_{br} \cdot 10^{-3}$, т.у.п.	Природний газ $V_n = V_y / 1,15$, тис.м ³
1	Опалення	10301,0	86		
2	ГВП	633,6	5		
2.1	Господарсько- побутові потреби	617,2			
2.2	Їдальня	16,4			
3	Тепловтрати	987,8	8		
3.1	У зовнішніх мережах опалення	692,9	6		
3.2	У мережах ГВП	294,9	2		
3.2 .1	У зовнішніх мережах	175,6			
3.2 .2	У магістральних мережах	119,3			
	Усього	11922,4	100	1190,44	1730,82

Таблиця 2.3 - Розрахунок теплоенергії за видами використання

№ п/п	Найменування	Витрата теплоенергії					
		сумарний		зимовий період		літній період	
		Гкал/рік	%	Гкал/рік	%	Гкал/рік	%
1.	Опалення	9447,3	75	9447,3	79		
2.	Господарсько- побутові потреби	585,7	5	301,06	3	284,64	60
3.	Тепловтрати	1062,21	10	906,94	9	155,27	20
3.1	У зовнішніх мережах опалення	751,67	7	751,67	7		
3.2	У мережах ГВП	310,54	3	155,27	2	155,27	20
3.2. 1	зовнішніх	191,21		95,62			
3.2. 2	магістральних (корпусних)	119,33		59,7			
	Усього	11095,2	100	10655,3	100	439,9	100

Нормативні показники для розрахунку опалювального навантаження для м. Запоріжжя:

1. Тривалість опалювального періоду $n_0=174$ доби.
2. Температура зовнішнього повітря найхолоднішого періоду $t_p=-22$ °С.
3. Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{cp,o}=-0,4$ °С.
4. Поправочний коефіцієнт для перерахунку питомої опалювальної характеристики будівлі $\alpha=1,134$.

Розрахункова формула для визначення потреби в тепловій енергії,
Гкал:

$$Q_0^{\text{год}} = V \cdot \alpha \cdot q_0 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}) \cdot n_0 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad , \quad (2.1)$$

де V - опалювальний обсяг, м³;

α - поправочний коефіцієнт;

q_0 - питома опалювальна характеристика будівлі, ккал/м³·год · °С;

$t_{\text{вн}}$ - температура повітря в опалюваних приміщеннях, °С.

Розрахунок витрати теплової енергії потреби гарячого водопостачання.

Гаряча вода використовується на господарсько-побутові потреби та душові.

Річна витрата теплової енергії на гаряче водопостачання підприємства визначається за формулою, Гкал/рік:

$$Q_{\text{ГВС}} = ((a_1 m_1 + \dots + a_n m_n) \cdot 1,2 \cdot C_B \cdot 10^{-6} \cdot ((55 - t_{\text{хвз}}) \cdot n_0 + \beta \cdot (n_c - n_c) \cdot (55 - t_{\text{хвл}})) \cdot \kappa \cdot N \quad , \quad (2.2)$$

де a_1, a_n – норма витрати води споживачем, л / добу;

m_1, m_n – кількість однотипних споживачів на добу;

1,2 – коефіцієнт, що враховує тепловіддачу трубопроводів ГВП;

C_B – теплоємність води, ккал/кг°С;

$t_{\text{хвз}}, t_{\text{хвл}}$ – температура холодної води зимова та літня, °С, $t_{\text{хвз}} = 5$ °С,

$t_{\text{хвл}} = 15$ °С;

n_0 – тривалість опалювального періоду, днів, $n_0 = 174$ доби;

β – кліматологічний коефіцієнт, $\beta=1,0$ (для підприємств);

P_c – кількість днів роботи системи ГВП;

κ – коефіцієнт обліку робочого часу;

N – кількість змін.

Розрахунок втрат теплової енергії у теплових мережах.

Трубопроводи теплових мереж прокладені у тепловій ізоляції.

Магістральні теплові мережі від котельні підприємства до його будівель і забудов прокладені наземно на опорах, що стоять окремо, і в непрохідних каналах.

Розрахунок теплових втрат у тепломережах опалення.

Розрахункова формула має вигляд, Гкал/рік:

$$Q_{\text{пот}} = 0,86 \cdot q_{\text{пот}} \cdot l \cdot \beta \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \quad (2.3)$$

де $q_{\text{пот}}$ – норма лінійної щільності теплового потоку для трубопроводу, опалення за середньорічної температури теплоносія, Вт/м;

$$q_{\text{пот}} = q_n + q_0,$$

q_n – норма лінійної щільності теплового потоку для трубопроводу, що подає;

q_0 – норма лінійної густини теплового потоку для зворотнього трубопроводу;

l – довжина ділянки трубопроводу;

β – коефіцієнт, що враховує невраховані втрати через опорні конструкції та запірні пристрої;

τ – тривалість роботи трубопроводу за рік, год.

Розрахунок теплових втрат у мережах ГВП.

Розрахунок тепловтрат у магістральних мережах ГВП аналогічний розрахунку в мережах опалення.

Розрахунок тепловтрат у корпусних мережах виконується за формулою, Гкал/рік:

$$Q = q \cdot l \cdot k \cdot \Delta t \cdot \tau \cdot 10^{-6}, \quad (2.4)$$

де: q – тепловіддача 1 погонного метра трубопроводу, ккал/година;

l – довжина підвідного трубопроводу, м;

κ – поправочний коефіцієнт;

Δt – різниця температур теплоносія та навколишнього повітря, °С.

Баланс теплової енергії, який є критерієм раціонального режиму споживання палива всього підприємства, представлений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Теплоенергетичний баланс підприємства

№ /п	Найменування продукції		Металоконструкції		
	Найменування норми	Позначення	Норма витрати, Гкал/т	План виробництва, тонн	Річна витрата теплоенергії, Гкал
1	Загальновиробнича	H_3^e	2,168	5500,00	11922,39

2.2 Застосування пальника WEISHAUPТ на котлі ДКВР-10-13

Епізодичні спроби застосування сучасних закордонних пальників на котлах ДКВР-10-13 стикалися з постійною проблемою невідповідності габаритів факелу розмірам камери згорання котла. У Європі зараз практично немає виробництва водотрубних котлів і тому всі пальники розробляються і виробляються для роботи з наддувними жаротрубними котлами. За своїми технічними характеристиками стандартні європейські пальники є довгофакельними, і вони не можуть працювати на водотрубних котлах з короткими топками, що працюють під розрядженням.

На таких практичних прикладах підтвердилися теоретичні припущення, що жоден європейський пальник, створений для роботи на

жаротрубних котлах, не зможе вивести водотрубний котел типу ДКВР-10-13 на номінальну потужність.

Раціональним підходом до вирішення цього завдання є адаптація пальників Weishaupt до котлів ДКВР-10-13. У сучасних пальниках Weishaupt використовуються передові технології регулювання та економії енергії. Функції мікропроцесорного частотного та кисневого регулювання вбудовані в компактний цифровий менеджер і зараз використовуються тільки на пальниках Weishaupt. Це дозволяє значно економити паливо та енергію за рахунок постійного автоматичного контролю оптимального співвідношення повітря та палива та за необхідності бачити реальний експлуатаційний стан котелень.

При використанні пальників Weishaupt з мікропроцесорним частотним та кисневим регулюванням котли ДКВР-10-13 працюють із високим ККД в автоматичному режимі.

Фірма Weishaupt затвердила нову програму модернізації та адаптації пальників Weishaupt до котлів ДКВР-10-13. Протягом кількох років необхідно було вирішити такі завдання:

- розробка, випробування та серійне виробництво нового змішувального пристрою для рівномірного розподілу факела пальників за об'ємом камери згоряння у коротких топках водотрубних котлів;

- досягнення оптимально низьких емісійних показників при спалюванні різних видів палива та стабільної автоматизованої роботи пальників у всьому діапазоні потужності водотрубних котлів;

- впровадження у серійне виробництво нових пальників із коротким факелом (виконання SF);

Газовий пальник (пальник, що працює на природному газі) – це пристрій для змішування повітря (кисню) з газоподібним паливом з метою подачі гарячого повітря.

Всі газові пальники Weishaupt відносяться до двопровідних. Газові пальники працюють повністю автоматично, надійно забезпечуючи екологічним теплом різні установки для систем опалення та підігріву води.

Weishaupt пропонує різні газові пальники потужністю від 25 кВт до 17,5 МВт для роботи на природному та зрідженому газі, що відрізняються низькими викидами шкідливих речовин, високою надійністю, повним автоматичним регулюванням.

Переваги застосування пальників Weishaupt на казанах ДКВР-10-13.

Економія енергоресурсів:

- зниження втрат тепла з вихідними газами і неповнотою згорання палива і, як наслідок, збільшення ККД на 2,5-3 %;
- застосування систем плавного, частотного та кисневого регулювання;
- збільшення діапазону регулювання (в середньому 1:7);
- відсутність підтікання рідкого палива за рахунок конструктивних особливостей форсунок;
- зменшення витрати пари на власні потреби (сажообдування, розпил рідкого палива та інше).

Підвищення рівня автоматизації:

- застосування систем мікропроцесорного регулювання;
- постачання пальників з шафами управління та безпеки котла;
- можливість застосування кисневого регулювання;
- можливість застосування частотного регулювання двигунів пальника та димососа;
- можливість передачі даних цифровими каналами зв'язку.

Збільшення терміну служби обладнання:

- максимум теплового випромінювання в камері топки котла становить 10-110 % від середнього, що істотно знижує вимоги до циркуляційного контуру котла (ефект досягнутий вперше в топковій практиці);
- рівномірне розподілення факела по всій камері згорання котла;

- збільшення міжремонтного терміну експлуатації екранів топки, труб котельного пучка та економайзера в 2,5-3 рази.

Відповідність вимогам та нормам екології:

- зниження екологічно шкідливих викидів у димових газах у 1,5-2 рази, максимальне значення температури у «ядрі» горіння 1350-1480 °С.

Зручність обслуговування та експлуатації:

- забезпечується блоковістю виконання пальників, до блоку входять всі елементи, необхідні для підготовки та подачі палива в зону горіння, прилади автоматичного регулювання процесом горіння та аварійного захисту.

На рисунку 2.1 показано загальний вигляд пальника Weishaupt.



Рисунок 2.1 – Вигляд пальника Weishaupt

На рисунку 2.2 показано котел ДКВр-6,5 з пальниками Weishaupt.



Рисунок 2.2 – Котел ДКВр 10-13 з пальниками Weishaupt

Можливість регулювання пальників Weishaupt та управління котлами ДКВр-10-13 реалізована у шафі управління. На даний момент можливе використання практично всіх найсучасніших принципів та систем регулювання процесів спалювання палива та режимів роботи котла. У шафі керування Weishaupt вбудовані різні функції вимірювання, регулювання та керування котлоагрегатом:

- плавне модульоване регулювання потужності котла в залежності від витрати пари;
- частотне регулювання двигунів пальників та димососів;
- кисневе регулювання процесів спалювання палива;
- керування роботою димососів котлів;
- управління роботою та аварійними режимами котлоагрегатів;
- індикація режимів роботи котлоагрегатів;
- паралельне регулювання пальників на котлах ДКВр.

Мікропроцесорний менеджер регулювання – оптимальні показники горіння за рахунок точного управління та індикації:

- простота введення пальника в експлуатацію та комфорт технічного обслуговування;
- програма холодного пуску котлової установки;
- гнучкість комунікації за рахунок різноманітності інтерфейсів для підключення можливості керування та контролю з комп'ютера;
- зниження шуму при часткових навантаженнях. Кисневе регулювання
- стійкість процесу якісного спалювання палива до погодних змін та коливань теплотворної здатності палива;
- економія палива за рахунок додаткового підвищення теплотехнічного ККД на 1,5-2 % у всьому діапазоні навантажень;
- зниження викидів шкідливих речовин у довкілля у всьому діапазоні потужності.

Впровадження нових технологій цифрового частотного та кисневого регулювання дозволяє значно знизити термін окупності інвестиції на будівництво сучасних котелень.

Принцип мікропроцесорного, частотного та кисневого регулювання котлів ДКВР та ДЕ із застосуванням пальників Weishaupt показаний на рис. 2.3.

Переваги встановлення сучасних автоматизованих пальників на котли ДКВР-10-13 очевидні. Основні з них:

1. Економія палива. За рахунок поліпшення теплообміну в топці котла знижуються втрати тепла з вихідними, в результаті чого підвищується ККД установки. Застосування сучасних систем плавного регулювання потужності дозволяє заощаджувати паливо в режимах часткового навантаження, точно витримувати задане співвідношення «газ-повітря» і здійснювати роботу в повністю автоматичному режимі без участі оператора.

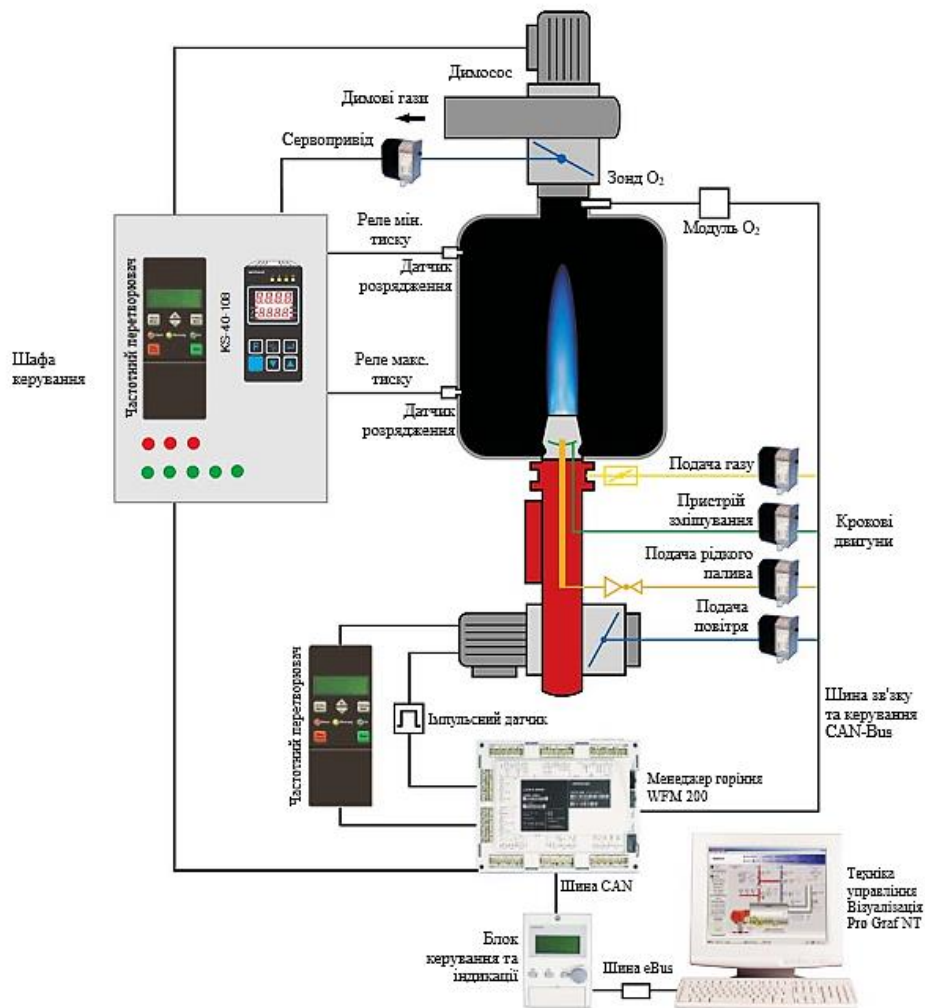


Рисунок 2.3 – Принципова схема керування пальника Weishaupt

2. Економія електроенергії. Шляхом встановлення систем частотного регулювання на двигуни вентилятора пальника та димососа можна досягти зниження витрат електроенергії.

3. Зменшення шкідливих викидів у повітря. Завдяки точному регулюванню співвідношення «газ-повітря» та оптимальній формі та температурі факела шкідливі викиди зменшуються в 1,5-2 рази.

4. Підвищення надійності та безпеки роботи котлоагрегату. Застосування сучасних систем автоматики дозволяє значно підвищити надійність і безвідмовність котлоагрегату та звести до мінімуму вплив «людського фактору».

5. Крім того, опціонально можливе розширення системи за рахунок застосування кисневого регулювання, систем віддаленої диспетчеризації та зв'язку з виведенням інформації на комп'ютер диспетчерського пункту.

Таким чином, незважаючи на досить високу вартість придбання пальників «Weishaupt», пропозиції щодо реконструкції парових котлів ДКВР-10-13 із заміною застарілих вітчизняних пальників є досить привабливими. Це пояснюється, крім перерахованих факторів, низькими експлуатаційними витратами та достатньою швидкою окупністю проектів.

У даному проекті пропонується підвищити ККД котла ДКВР-10/13 за рахунок заміни в ньому газових пальників ІПГ-250 (ККД = 90 %) на пальники Weishaupt G50/2-A (ККД = 94,5 %).

3 ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ВОДИ – СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ SINTSOLAR

3.1 Технічні характеристики сонячного колектора SINTSOLAR

Плоскі рідинні сонячні колектори SintSolar призначені для ефективного перетворення сонячної енергії на теплову. Отриману таким чином теплову енергію можна використовувати для забезпечення комунально-побутових і технологічних потреб різних споживачів.

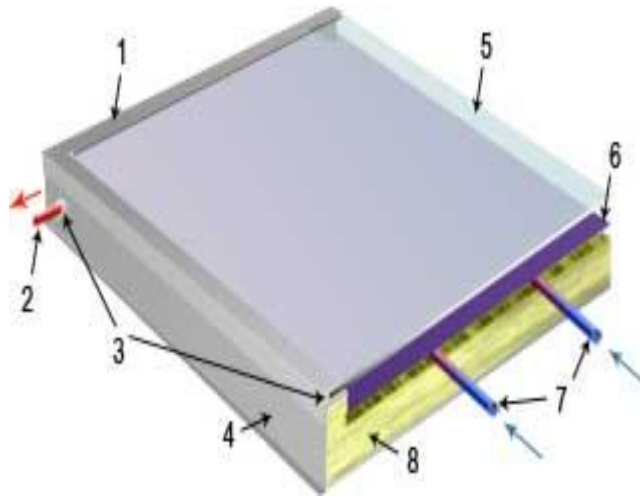
У конструкції сонячних колекторів застосовані найсучасніші технічні рішення та матеріали: мідна поглинаюча панель з високоселективним покриттям, корпус з анодованого алюмінію, силіконова гума ущільнювача, ударостійке скло з низьким вмістом заліза. Все це, а також висока якість складання дозволяє гарантувати високу ефективність та тривалий термін експлуатації сонячних колекторів SintSolar CS – не менше 25 років.

Моделі сонячних колекторів SintSolar наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Моделі сонячних колекторів SintSolar

Характеристики	Моделі сонячних колекторів	
	Скло не гартоване	Скло гартоване
SintSolar CS (мідна поглинаюча панель з високоселективним покриттям sunselect)	SintSolar CS-V2R	SintSolar CS-V3R
SintSolar CB (мідна поглинаюча панель з покриттям селективна чорна фарба)	SintSolar CB-V2R	SintSolar CB-V3R

Загальний пристрій сонячного колектора показано на рисунку 3.1.



1 – знімний притискний куточок; 2 – приєднувальний патрубок; 3 – силіконова гума ущільнювача; 4 – алюмінієвий корпус; 5 – прозора ізоляція (скло зі зниженим вмістом заліза); 6 – мідний абсорбер (теплопоглинаюча панель); 7 – паралельні мідні трубки; 8 – теплоізоляція, товщиною 50 мм.

Рисунок 3.1 – Влаштування сонячного колектора SintSolar

Сонячний колектор SintSolar складається з теплоізольованого анодованого алюмінієвого корпусу, всередині якого розташована мідна поглинаюча панель з високоселективним поглинаючим покриттям. Поглинаюча панель складається з мідної стрічки з високоселективним покриттям і припаяних до неї мідних трубок, через які прокачується рідкий теплоносій. Зверху поглинаюча панель закрита прозорою (для сонячного випромінювання) ізоляцією. Високоселективне покриття поглинаючої панелі, а також велика площа контакту мідних трубок з мідною стрічкою забезпечують високу ефективність роботи колектора.

Під впливом сонячного випромінювання (інфрачервоної складової) в поглинаючій панелі відбувається перетворення сонячної енергії в теплову, в результаті, мідна стрічка розігрівається, а рідкий теплоносій, що прокачується через мідні трубки, відбирає отримане тепло. Високоселективне покриття є прозорим для інфрачервоного випромінювання, але є дзеркалом для теплового, у зв'язку з цим, перетворена

енергія практично не випромінюється поглинаючою панеллю. Прозора ізоляція та теплоізоляційний шар зменшують втрати теплової енергії.

Залежно від потреб у гарячій воді визначається необхідна кількість сонячних колекторів, які об'єднуються у групи та працюють у єдиній системі. Кількість і температура нагрітої води за день залежить від багатьох чинників таких як: висота сонця над горизонтом, ступінь ясності дня, температура повітря, температура холодної води, кількість гарячої води, конфігурація системи і т.д. Тому, кількість і температура нагрітої води, кожен конкретний день, різні. У двоконтурних системах нагрітий у колекторі теплоносій надходить у внутрішній (або зовнішній) теплообмінник бака-акумулятора, де передає отриману теплову енергію воді.

Потім теплоносій, що охолодився, повертається в колектор і знову нагрівається – цикл замикається. Теплоносій безперервно циркулює між колекторами та баком доти, доки достатньо сонячної енергії, щоб нагрівати воду.

В якості теплоносія в системах використовуються спеціальні нетоксичні антифризи, це дозволяє експлуатувати систему цілий рік і продовжує термін її служби.

Висока ефективність колекторів SintSolar у наступному:

а) високоселективне покриття поглинаючої панелі (у моделі колектора SintSolar CS).

Завдяки цьому покриттю поглинаюча панель захоплює більше тепла від сонячного випромінювання з високою ефективністю: 95% поглинається і всього 5 % енергії випромінюється (для порівняння, у чорної фарби 94 % – поглинається, 88 % – випромінюється).

На рисунку 3.2 представлено порівняння покриттів поглинаючої панелі.

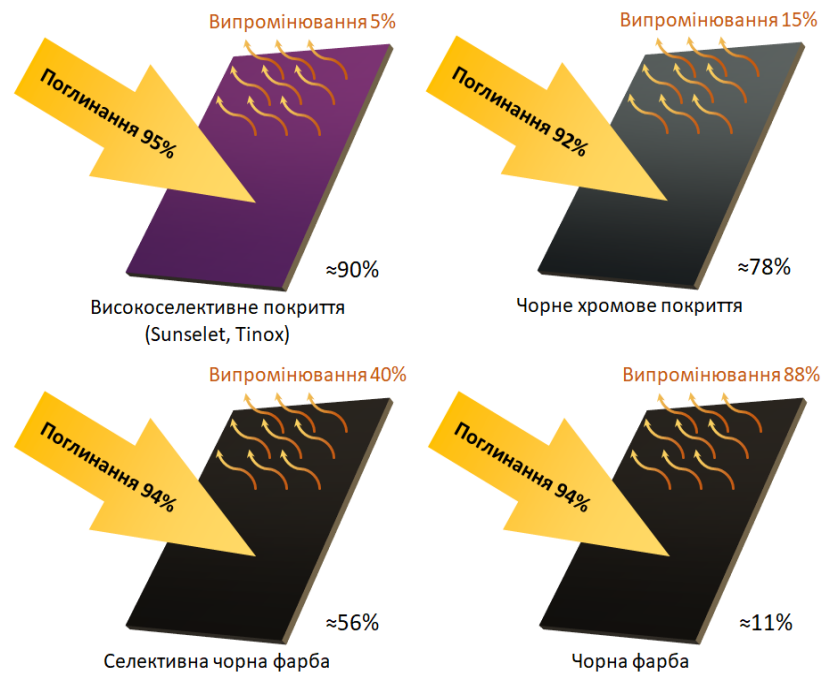


Рисунок 3.2 – Порівняння покриттів поглинаючої панелі

Глобальне випромінювання на території України (на відміну від Туреччини, Ізраїлю чи Греції) складається на 40-60 % з розсіяного світла. Для того, щоб ефективно перетворювати розсіяне випромінювання на теплове необхідно використовувати сонячні колектори з високоселективним покриттям поглинаючої панелі.

Високоселективний колектор SintSolar CS у зимові місяці та хмарні дні поглинає на 40 % більше тепла (а в середньому за рік – на 20 %), ніж аналогічний колектор з поглинаючою панеллю, покритою селективною чорною фарбою. Якщо порівнювати колектор SintSolar CS та аналогічний колектор із поглинаючою панеллю, покритою «чорним хромом», то середньорічна різниця становить 12 %.

б) Висока теплопровідність поглинаючої панелі.

Поглинаюча панель виготовлена з міді. Мідь є металом із великим коефіцієнтом теплопровідності. Це забезпечує максимальну ефективність відведення тепла від усієї поверхні поглинаючої панелі.

в) Велика площа контакту тепловідвідних трубок з мідною стрічкою.

Для ефективного перенесення тепла в поглинаючій панелі колектора SintSolar CS, мідна стрічка з'єднується з трубами, що відводять тепло, за допомогою паяння олов'яним припоєм. Це дозволяє отримати велику площу контакту, з малим термічним опором не пошкоджуючи селективне поглинаюче покриття. Технологія, що використовується, забезпечує високу ефективність поглинаючої панелі колектора (рис.3.3).

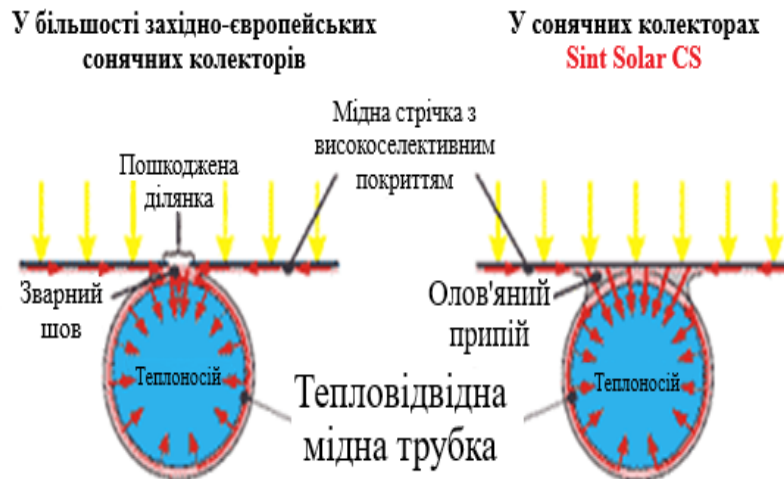


Рисунок 3.3 – Площа контакту тепловідвідних трубок з мідною стрічкою

г) Цільнолистова поглинаюча панель.

Поглинаюча панель сонячного колектора SintSolar CS (рис.3.4) виготовляється з цілісного листа мідної стрічки. Вся поглинена енергія залишається надійно «замкненою» під поглинаючою панеллю і може використовуватися тільки для нагрівання теплоносія, а не йти на збільшення теплових втрат.

д) Якісна теплоізоляція.

Використання якісної базальтової теплоізоляції (рис. 3.5), товщиною 60 мм зі стабільними в часі параметрами, дозволяє суттєво знизити втрати тепла та ефективно експлуатувати колектор навіть у зимовий період протягом усього терміну експлуатації. Збільшення товщини теплоізоляції з 30 до 60 мм

призводить до збільшення ефективності геліоколектора на 7%, при цьому подорожчання геліоколектора відбувається всього на 1%.

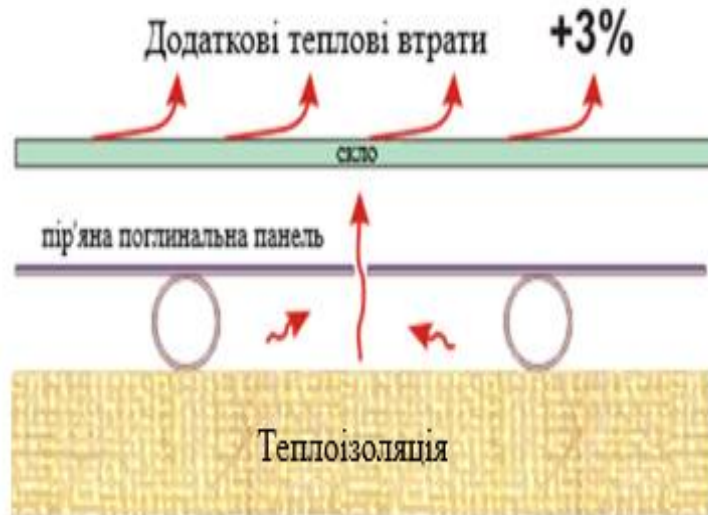


Рисунок 3.4 – Поглинаюча панель перового сонячного колектора

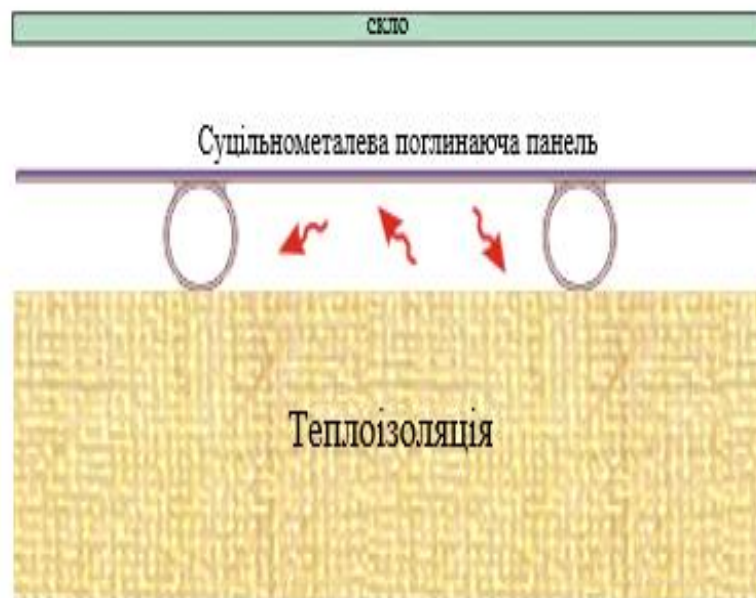


Рисунок 3.5 – Поглинаюча панель геліоколектора SintSolar CS

е) Прозора ізоляція з низьким вмістом заліза.

Чим нижчий вміст заліза у склі, тим вищий його коефіцієнт пропускання інфрачервоної складової сонячного спектру, і тим ефективніше працює колектор.

ж) Малий гідравлічний опір каналів поглинаючої панелі.

Гідравлічний опір колектора визначається параметрами трубної конструкції поглинаючої панелі. Найбільший вплив у колекторі SintSolar CS має внутрішній діаметр під'єднувальних патрубків, який досить великий, що дозволяє в системах сонячного нагрівання води з примусовою циркуляцією використовувати малопотужні циркуляційні насоси.

Висока якість обумовлена:

- а) застосуванням лише якісних матеріалів;
- б) поетапною перевіркою якості виготовлення;
- в) випробуваннями в екстремальних умовах.

Для підтвердження високої надійності колекторів деякі випробування проводяться за підвищених навантажень.

Тривалий термін експлуатації обумовлений:

- а) Мідна поглинаюча панель.

Мідь є корозійностійким металом. Протягом терміну експлуатації незначне окислення міді не впливає на ефективність роботи колектора.

- б) Термін експлуатації поглинаючої панелі не менше 30 років.

Селективне покриття поглинаючої панелі складається з матеріалів, стійких до атмосферних впливів, сонячного випромінювання, і температур до +300 °С.

- в) Силіконова та EPDM ущільнювальна гума.

Ущільнювачі, що використовуються в колекторі, виготовлені з силіконової гуми, тому вони не змінюють своїх властивостей під впливом навколишнього середовища і високих температур протягом усього терміну експлуатації колектора.

- г) Базальтова теплоізоляція з вологовідштовхувальним просоченням.

Теплоізоляція, що використовується, розрахована на постійну робочу температуру до +250 °С, вона практично не вбирає вологу (навіть після повного занурення у воду). Все це гарантує стабільність показників протягом усього терміну експлуатації.

д) Корпус з анодованого алюмінію.

Спеціально утворена оксидна плівка на поверхні алюмінію дозволяє зберігати елементи корпусу у незмінному вигляді протягом усього терміну експлуатації.

е) Ударостійка прозора ізоляція.

Як прозора ізоляція застосовується загартоване скло товщиною 4 мм, яке в 6 разів міцніше звичайного скла. Таке скло здатне витримати більшість можливих випадкових ударних дій.

ж) Жорстка та міцна конструкція корпусу.

Геометрія колектора забезпечує цілісність прозорої ізоляції (навіть, якщо використовується звичайне скло). Співвідношення габаритних розмірів колектора 1:2 зменшує навантаження на скло та підвищує його міцність до ударних впливів.

Простота та зручність монтажу. З'єднання колекторів можна здійснити двома способами: за допомогою спеціальної затискної муфти (рекомендується в невеликих системах) або за допомогою паяння (рекомендується в системах з будь-якою площею сонячних колекторів). З'єднання пайкою є більш надійним і не перешкоджає мідній трубі вільно переміщатися при температурних розширеннях. Патрубок колектора має розширення, тому паяння двох колекторів здійснюється лише по одному стику. Колектор легко монтується на дахах будь-яких типів, стінах будівель та відкритих майданчиках. Всі елементи кріплення виготовлені з анодованого алюмінію (крім конструкцій на плоский дах) і нержавіючої сталі. Опорні конструкції та елементи кріплення розраховані на вітрове навантаження 30 м/с.

У конструкції колектора передбачено можливість легкої заміни скла без демонтажу системи.

У конструкції колекторів SintSolar CS використовується задня стінка із склопластику, що дозволило знизити вагу колектора до 40 кг.

Ціна в 1,5-2 рази нижча за західно-європейські аналоги. Оптимальне співвідношення ціни та якості.

Основні параметри колекторів SintSolar наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні параметри колекторів SintSolar

Найменування показників	Значення	
	SintSolar CS	*SintSolar CB
Габаритні розміри панелі колектора, мм: довжина ширина висота	2017	2017
	1017	1017
	95	95
Габаритна площа, м ²	2,051	2,051
Матеріал корпусу	анодований алюміній	анодований алюміній
Площа теплопоглинаючої панелі сонячного колектора, м ²	1,88	1,88
Матеріал теплопоглинаючої панелі	мідь	мідь
Поглинаюче покриття	високоселективне	слабоселективне
Поглинальна здатність	0,95	0,94
Коефіцієнт теплового випромінювання поглинаючої панелі	0,05	0,4
Число шарів прозорої ізоляції	1	1
Прозора ізоляція	ударостійке скло, 4мм	ударостійке скло, 4мм
Добуток оптичного ККД колектора та коефіцієнта ефективності поглинаючої панелі	0,81	0,8
Добуток загального коефіцієнта теплових втрат колектора та коефіцієнта ефективності поглинаючої панелі при нульовій швидкості вітру, Вт/(м ² ·°C)	3,2	4,5
Максимальний робочий тиск теплоносія в колекторі, МПа	0,7	0,7
Питомий об'єм каналів поглинаючої панелі, л/м ²	0,73	0,73
Маса колектора (без теплоносія), кг	40	40
Рівноважна температура поглинаючої панелі при I = 950 Вт/м ² і t _{пов} = 30 °C	180	150
Максимальна температура стагнації	219	170
Термін експлуатації не менше, років	25	15

Графіки ККД геліоколекторів SintSolar CS (високоселективне покриття поглинаючої панелі Sunselect) і SintSolar CB (поглинаюче покриття – селективна чорна фарба) в залежності від потужності сонячного випромінювання (з урахуванням нелінійності) представлені на рисунку 3.6.

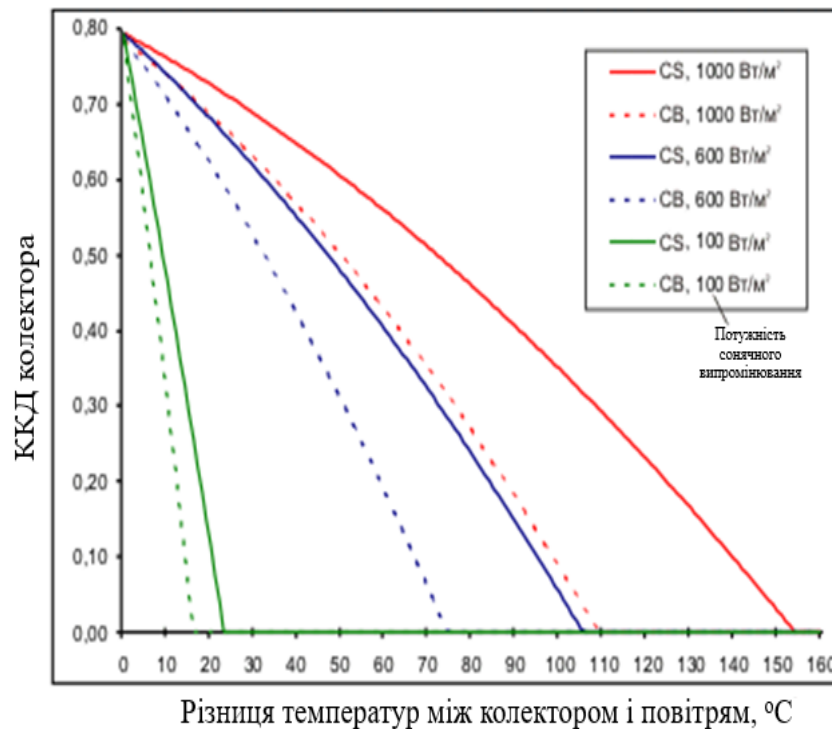


Рисунок 3.6 – Графіки ККД геліоколекторів SintSolar

У порівнянні з іншими колекторами на ринку, SintSolar CS показує більш стабільну енергоефективність при зміні температури. Графік порівняння представлений на рисунку 3.7.

Контролер SintSolar К – обов'язковий елемент геліосистем з примусовою циркуляцією теплоносія (рис. 3.8). Він призначений для управління процесом нагріву від сонця та контролю стану геліосистеми, а також, залежно від контролера, може керувати іншими теплотехнічними процесами в загальній системі. Контролер отримує інформацію від датчиків температури (один із яких обов'язково знаходиться в сонячному колекторі) та вибирає необхідний режим роботи.

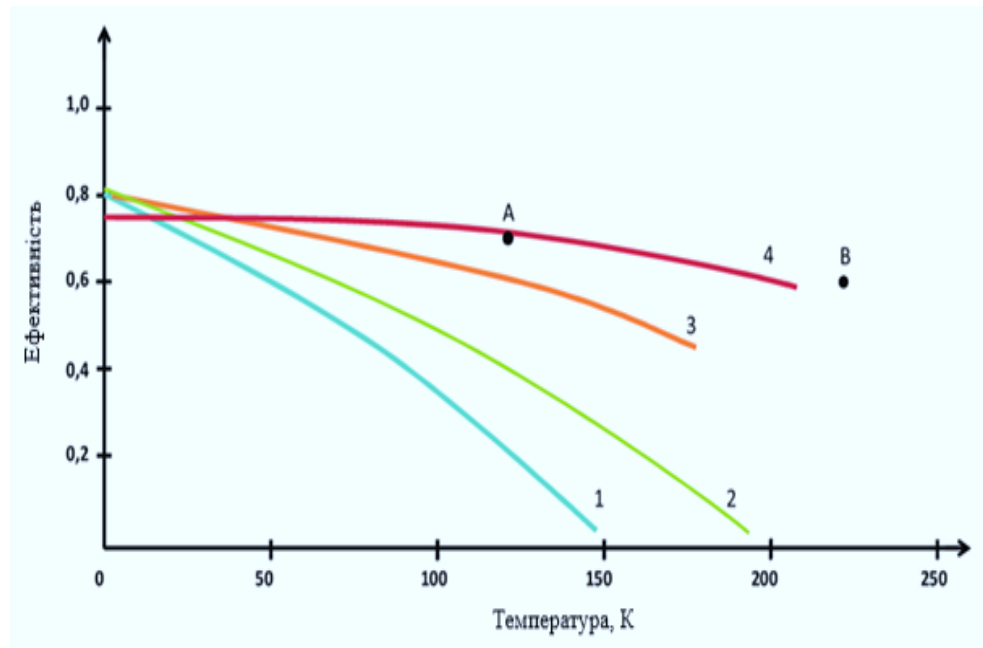


Рисунок 3.7 – Ефективність високотемпературного колектора SintSolar в порівнянні з іншими конструкціями

1 – SintSolar CS (колектор), 2 – TopSon F3-Q (колектор), 3 – Narva (вакуумна трубка), 4 – HTSC (точки A, B-розрахунку).

Ефективність і безпека геліосистеми значною мірою залежить від контролера: правильності закладених алгоритмів роботи геліосистеми, надійності елементів.

Переваги контролерів SintSolar K: можливість автоматичного регулювання швидкості протікання теплоносія залежно від різниці температур (реалізована у всіх моделях контролерів).

В результаті система працює більш стабільно, швидше досягаються необхідні температури, забезпечується додаткове вироблення теплової енергії за рахунок збільшення часу роботи системи в ранкові, вечірні години та в похмуру погоду, а також досягається економія електроенергії за рахунок зниження споживаної потужності циркуляційним насосом.



Рисунок 3.8 – Контролер SintSolar K

Насосний модуль (рис. 3.9) використовується в геліосистемах з примусовою циркуляцією (така система на 30% ефективніша за систему з природною циркуляцією) і призначений для забезпечення циркуляції теплоносія в колекторному колі (бак-колектори-бак).

Гідравлічний опір колекторного кола досить малий, це дає можливість використовувати малопотужні насоси, споживана потужність яких дуже мала в порівнянні з отриманою тепловою енергією від сонячних колекторів.

Потужність необхідного насоса залежить від кількох факторів:

- кількість колекторів;
- теплоносій, що використовується;
- довжина та діаметр трубопроводу від сонячних колекторів до бака.

Насосні модулі P/S використовуються в однофункціональних геліосистемах (або ГВП, або нагрівання води в басейні, або опалення). У разі використання даного насосного модуля в комбінованих (багатофункціональних) геліосистемах накопичення теплової енергії буде

здійснюватися в одному баку-акумуляторі (або кількох об'єднаних в один), а потім розподіл через теплообмінники для здійснення інших функцій.

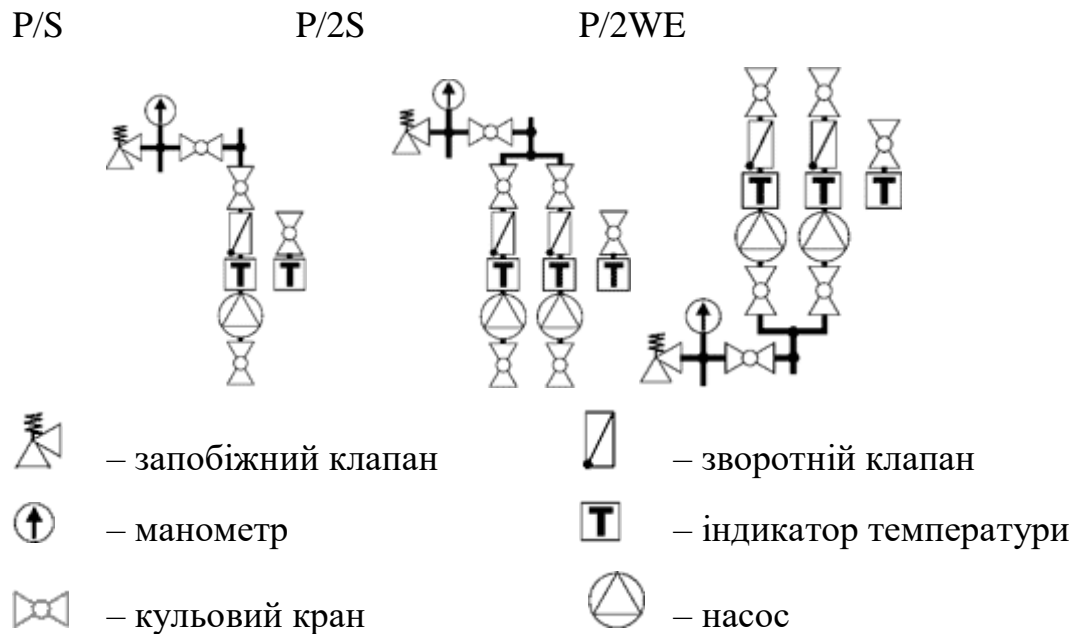


Рисунок 3.9 – Насосні модулі

Насосні модулі P/2S – призначені для використання в комбінованих (багатофункціональних) геліосистемах.

Насосні модулі P/2WE – використовуються в геліосистемах, коли немає можливості зорієнтувати групу сонячних колекторів на всі боки світла в одному напрямку, і при цьому вона розбивається на дві окремі (наприклад, одна група на Схід, а інша – на Захід).

Специфіка роботи систем сонячного теплопостачання полягає у необхідності акумулювання сонячної теплової енергії з метою її використання у різний час доби, отже, необхідності використання бака-акумулятора.

Ця необхідність зумовлена нестабільністю сонячного випромінювання протягом доби, в той час як гаряча вода і тепла енергія для опалення необхідна, в т.ч. коли сонячне випромінювання взагалі відсутнє.

Ефективність геліосистеми залежить від правильності вибору об'єму баків-акумуляторів.

Усі бойлери повинні встановлюватись у приміщенні, захищеному від атмосферних впливів (не призначені для роботи на відкритому повітрі).

З точки зору використання водонагрівачів DRAZICE у геліосистемах можна виділити кілька типів:

1. Вертикальні баки непрямого нагріву (ОКС) (рис. 3.10).

Можуть використовуватися як у системах із природною, так і з примусовою циркуляцією теплоносія:

- з одним теплообмінником (модель NTR).

Застосовуються в геліосистемах, коли площа одного теплообмінника достатня для відбору теплової енергії площі сонячних колекторів, що встановлюється, і немає необхідності догріву від одноконтурних котлів (як дублююче джерело встановлюється електричний ТЕН або догрів здійснюється за допомогою двоконтурних котлів);

а) підлоговий варіант;

б) навісний варіант

Встановлюється, якщо площа вільного приміщення не дозволяє розмістити модель виконання підлоги.

Істотні недоліки: відсутній фланець, який дозволяє очищати бак від накипу та відкладень, немає можливості встановити електричний ТЕН, існують моделі лише з одним теплообмінником;

- із двома теплообмінниками (модель NTRR).

Застосовується в геліосистемах для дублювання від одноконтурних котлів, а також, якщо є необхідність відбору теплової сонячної енергії на опалення.

Якщо ви монтуєте котельню та плануєте в майбутньому встановити геліосистему, доцільно використовувати одноконтурний котел та бак із двома теплообмінниками (на верхній підключити котел).

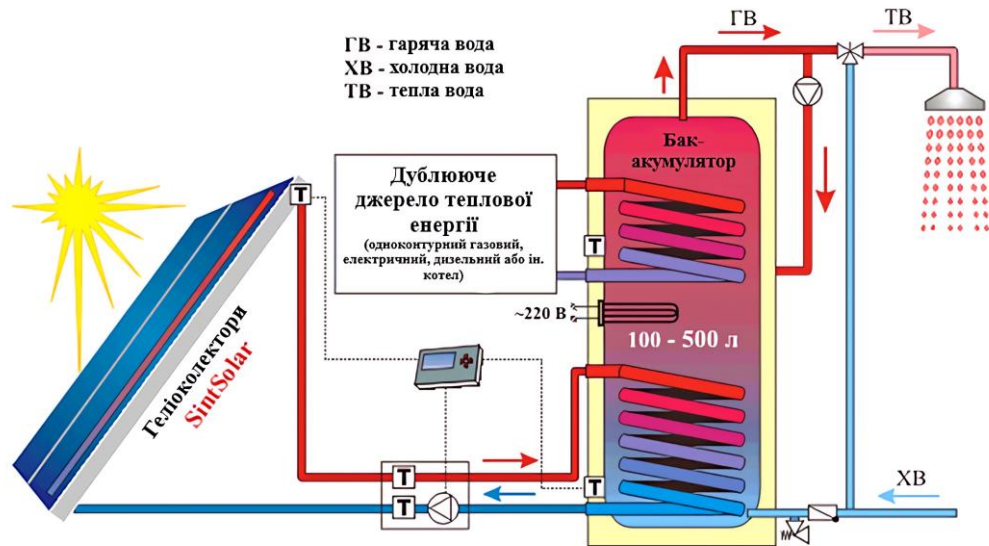


Рисунок 3.10 – Вертикальні баки непрямого нагріву (ОКС)

2. Горизонтальні баки непрямого нагріву ОКCV (рис. 3.11).

Об'єм бака 125-200 л. Використовується в геліосистемах з природною циркуляцією теплоносія, якщо немає можливості розташувати бак вертикального виконання (горизонтальний бак зручно розташовується під коньком даху). В інших випадках рекомендуємо використовувати баки вертикального виконання.

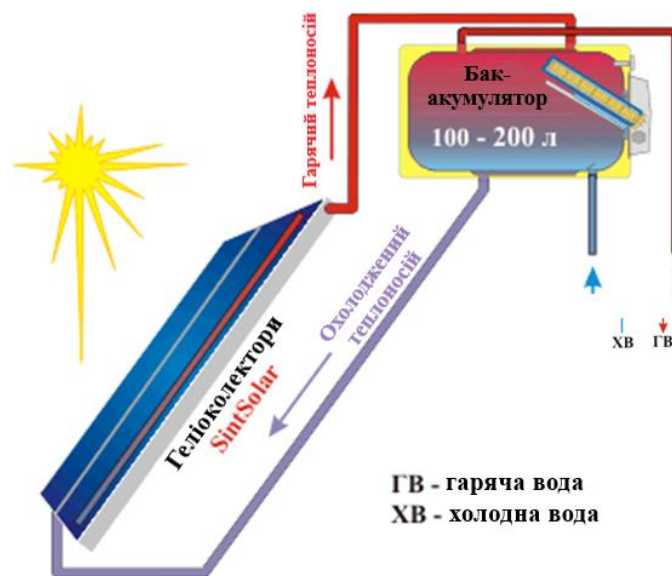


Рисунок 3.11 – Горизонтальні баки непрямого нагріву (ОКCV)

3.2 Розрахунок сонячного колектора

Вихідними даними для розрахунку є:

1. Дані про середньомісячні надходження сонячної радіації, кількість годин сонячного сьйва та середньомісячні температури повітря.

2. Навантаження гарячого водопостачання 5000 л/доб,

$$Q_{ГВС} = 0,73325 \text{ ГДж/доб.}$$

3. Параметри сонячного колектора :

а) $F_R(\tau\alpha)_n$,

де τ – пропускна здатність прозорих покриттів по відношенню до сонячного випромінювання;

α – поглинальна здатність прозорих покриттів щодо сонячного випромінювання;

б) $F_R \cdot U_L$,

де U_L – повний коефіцієнт теплових втрат колектора $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

F_R – коефіцієнт відведення теплоти від колектора;

4. Температури холодної водопровідної води $T_{XB} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ та гарячої води $T_{ГВ} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, необхідні споживачеві.

5. Кут нахилу колектора до горизонту β .

Тип та параметри колектора наведені в таблиці 3.3.

Середньомісячні параметри наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Тип та параметри колектора

Тип колектора	$FR(\tau\alpha)_n$	$F_R U_L$	η^{TH}
Неселективний	0,70-0,77	6,5-6,9	0,67-0,73
Селективний	0,73	4,4-4,8	0,69-0,71
Високоселективний	0,74-0,80	3,2-3,7	0,69-0,76

Таблиця 3.4 – Середньомісячні параметри

Місяць року	Н, МДж/(м ² ·доб)	Нд, МДж/(м ² ·доб)	Кя	n, год	T _a , °С	δ, град
Січень	18,34	7,78	0,53	216	16,4	9,4
Лютий	18,34	7,78	0,53	216	16,4	9,4
Березень	18,34	7,78	0,53	216	16,4	9,4
Квітень	18,34	7,78	0,53	216	16,4	9,4
Травень	24,16	8,10	0,61	282	22,8	18,8
Червень	26,83	7,92	0,65	306	27,3	23,1
Липень	26,59	7,83	0,66	316	29,3	21,2
Серпень	24,97	6,48	0,68	296	27,7	13,5
Вересень	20,57	5,98	0,68	257	22,6	2,2
Жовтень	14,71	4,72	0,64	215	15,3	-9,6
Листопад	14,71	4,72	0,64	215	15,3	-9,6
Грудень	14,71	4,72	0,64	215	15,3	-9,6

Відношення середньомісячних величин денного надходження прямої радіації на похилу та горизонтальну поверхні:

$$\bar{R}_B = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega' + \omega' \sin(\phi - \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega + \omega \sin \phi \sin \delta}, \quad (3.1)$$

де $\phi = 38^\circ$ – широта місцевості; $\phi = 38 \cdot \pi/180 = 0,6629$ рад;

δ – схилання сонця, $\delta = 9,4^\circ = 0,164$ рад;

ω – часовий кут заходу сонця на горизонтальній поверхні;

$\omega = \arccos(-\operatorname{tg}\phi \cdot \operatorname{tg}\delta) = \arccos[-\operatorname{tg}(0,6629) \cdot \operatorname{tg}(0,164)] =$

1,7 рад;

ω' – часовий кут заходу сонця на похилій поверхні;

$\omega' = \min\{\omega; \arccos[-\operatorname{tg}(\phi - \beta) \cdot \operatorname{tg}(\delta)]\} = 1,615$ рад;

$\beta = \phi - 15 = 38 - 15 = 23^\circ = 0,4012$ рад – кут нахилу колектора

до горизонту:

$$\bar{R}_B = \frac{\cos(0,6629-0,4012) \cos(0,164) \sin(1,615) + 1,615 \cdot \sin(0,6629-0,4012) \sin(0,164)}{\cos(0,6629) \cos(0,164) \sin(1,7) + 1,7 \cdot \sin(0,6629) \sin(0,164)} = 1,0832.$$

Вибираємо значення коефіцієнта $\rho = 0,2$ з огляду на те, що сніговий покрив відсутній.

Відношення середньомісячних величин денного надходження сумарної радіації на похилу та горизонтальну поверхні:

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \left(1 - \frac{\bar{H}_D}{\bar{H}}\right) \bar{R}_B + \frac{\bar{H}_D}{\bar{H}} \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2} = \\ &= \left(1 - \frac{7,78}{18,34}\right) \cdot 1,0832 + \frac{7,78}{18,34} \cdot \frac{1 + \cos(0,4012)}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos(0,4012)}{2} = 1,039. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Середньомісячні денні надходження сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню, $\frac{\text{МДж}}{(\text{м}^2 \cdot \text{доб})}$:

$$\bar{H}'_T = \bar{R} \bar{H} = 1,039 \cdot 18,34 = 19,055. \quad (3.3)$$

Надходження сумарної сонячної радіації на місяць, $\frac{\text{МДж}}{(\text{м}^2 \cdot \text{міс})}$:

$$\bar{H}_T = \bar{H}'_T \cdot n_{\text{міс}}^{\text{доб}} = 19,055 \cdot 30 = 571,646, \quad (3.4)$$

де $n_{\text{міс}}^{\text{доб}}$ – кількість діб на місяць.

Результати розрахунку середньомісячних величин зведено до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку середньомісячних величин

Місяць року	Параметри		
	R_e	R	H_T , МДж/(м ² ×доб)
Січень	1,0832	1,039	571,46
Лютий	1,0832	1,039	571,46
Березень	1,0832	1,039	571,46
Квітень	1,0832	1,039	616,47
Травень	0,9678	0,979	701,87
Червень	0,9205	0,944	847,87
Липень	0,9411	0,958	867,85
Серпень	1,0304	1,022	726,37
Вересень	1,1888	1,134	601,77
Жовтень	1,4162	1,283	413,81
Листопад	1,4162	1,283	584,91
Грудень	1,4162	1,283	584,91

Щільність потоку сонячної радіації, Вт/м²:

$$I_a = \frac{\bar{H}_T}{n_{міс}^{cc} \cdot 3600}, \quad (3.5)$$

де $n_{міс}^{cc}$ – кількість годин сонячного сяйва, год/міс.

Результати розрахунку величини I_a наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку величини I_a

Параметри місцевості	Місяць року											
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сумарна сонячна радіація H_m , МДж/(м ² ×міс)	571,46	571,46	571,46	616,47	701,87	847,87	867,85	726,37	601,77	413,81	584,91	584,91
Середньомісячна температура повітря T_a , °C	16,4	16,4	16,4	13,5	17,8	21,1	26,6	24,9	19,8	12,9	15,3	15,3

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тривалість сонячного сьйва $n_{міс}^{cc}$, год/міс	216	216	216	202,8	232,1	300,0	366,4	321,1	297,3	233,4	215	215
Сумарна сонячна радіація I_a , Вт/м ²	735,1	735,1	735,1	844,4	840	785,1	657,9	628,4	562,3	492,5	730,7	730,7

Теплова потужність сонячної системи гарячого водопостачання, Вт:

$$Q'_{ГВС} = \frac{Q_{ГВС} \cdot n_{міс}^{сум}}{n_{міс}^{cc} \cdot 3600}, \quad (3.6)$$

$$Q'_{ГВС} = \frac{733250000 \cdot 30}{216 \cdot 3600} = 28289.$$

Ефективність сонячного колектора:

$$\begin{aligned} \eta_{ск} &= F_R (\tau\alpha)_n - F_R U_L (T_i - T_B) / I_a = \\ &= 0,74 - 6,2 \cdot (35 - 10) / 735,141 = 0,583, \end{aligned} \quad (3.7)$$

де $T_i = 35^\circ\text{C}$ – температура рідини на вході у колектор.

Площа колектора звичайної ССТ (без теплового насоса), м²:

$$\begin{aligned} F_{ск} &= \frac{Q'_{ГВС}}{I_a \cdot \eta_{ск}} = \\ &= \frac{28289}{689,74 \cdot 0,583} = 70,35 \end{aligned} \quad (3.8)$$

Отже приймаємо $F_{ск} = 70 \text{ м}^2$.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі зроблено аналіз паливно-енергетичних ресурсів підприємства. Проведено аналіз енергозберігаючих заходів з метою покращення ефективності роботи котельного обладнання промислового підприємства. Представлений у даній роботі варіант модернізації котла ДКВР-10-13 (установка газових пальників Weishaupt) та гарячого водопостачання (установка сонячних геліоколекторів SintSolar) в умовах ПрАТ «Запоріжжкран» забезпечує значне зниження енерговитрат з мінімальними капітальними витратами на модернізацію.

При використанні пальників Weishaupt з мікропроцесорним частотним та кисневим регулюванням котел ДКВР-10-13 працює з високим ККД в автоматичному режимі. Значна економія енергоресурсів. Підвищення рівня автоматизації. Збільшення терміну служби котла.

Запропоноване до впровадження альтернативне рішення для нагрівання води – сонячні колектори SINTSOLAR. У конструкції сонячних колекторів застосовані найсучасніші технічні рішення та матеріали: мідна поглинаюча панель з високоселективним покриттям, корпус з анодованого алюмінію, силіконова гума ущільнювача, ударостійке скло з низьким вмістом заліза. Все це, а також висока якість складання дозволяє гарантувати високу ефективність та тривалий термін експлуатації сонячних колекторів SintSolar CS – не менше 25 років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Wiśniewski G. Kolektorysłoneczne: energiasłoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnymprzemysle / G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Grycik i in.. – Warszawa : Wyd-vo " Medium", 2008. – 201 s.
2. Sterling V. Planning and Installing Photovoltaic System. – London: International Journal of Environmental Studies. 2006, 384 p.
3. Кудря С.О. Атлас енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2008. 54 с.
4. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Черкаси: ЧДТУ, 2007. 412 с.
5. Шидловський А.К. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Київ: Українські енциклопедичні знання, 2007. 559 с.
6. Новаківський Є.В. Підвищення ефективності використання сонячної енергії в комбінованих системах промислового теплопостачання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / Є.В. Новаківський; Одеський національний політехнічний університет. – Одеса, 2004. – 22 с.
7. Ніконорова В. Н. Аналіз ефективності впровадження сонячних колекторів в Україні // В.Н. Ніконорова / Вісник Сумського національного аграрного університету.– Випуск 3 (28). – 2016. – С.145 – 147.
8. Білоус О. М. Методи розрахунку сонячних теплових надходжень / О.М.Білоус // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 77. – С. 188–191.
9. Пахолюк О. А. Дослідження роботи плоских сонячних повітряних колекторів / О.А. Пахолюк, А. Л. Ящинський // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2015. – Вип. 4. – С. 139 – 144.
10. Majid Z. A. A. et al. Multifunctional solar thermal collector for heat pump application //Proceedings of the 3rd WSEAS int. conf. on renewable energy sources. – 2009. – С. 342-346.

11. Семенов В.А. Застосування засобів автоматизації в системах водяного опалення будівель. Москва, ЗАТ Видав., 2004, 38 с.
12. ДСТУ – Н Б В.1.1 – 27:2010 Будівельна кліматологія.
13. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
14. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.
15. ДСТУ 2326-93 Котли опалювальні водогрійні теплопродуктивністю до 100 кВт. Загальні технічні умови.
16. Шевцов А.І., Бараннік В.О., Земляний М.Г., Рязова Т.В. Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні. Аналітична доповідь. Дніпропетровськ: Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень, 2010. 66 с.
17. Купчак В.Р., Павлова О.М., Павлов К.В., Лагодієнко В.В. Формування та регулювання регіональних енергетичних систем: теорія, методологія та практика : монографія. Луцьк: СПД Галяк Жанна Володимирівна, друкарня «Волиньполіграф», 2019. 346 с.
18. Боженко М. Ф., Сало В. П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. К. ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. 192 с.
19. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарськопобутові потреби в Україні. КТМ-204 Україна 244-94. Київ : ЗАТ"ВППОЛ", 2003. 76 с.
20. Алабовський О. М., Боженко М. Ф., Хоренженко Ю. В. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 1992. 207 с.
21. Дудюк Д.Л., Мазепа С.С., Гнатишин Я.М. Нетрадиційна енергетика: Навчальний посібник. Львів: Магнолія плюс, 2007. 262 с.
22. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. Київ: Освіта України, 2007. 464 с.

23. Жовтянський В.А. Стан виконання Комплексної державної програми енергозбереження та перспективи її послідовної реалізації. Проблеми загальної енергетики. Київ: Наукова думка, 2000. 41 с.