

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики

Кафедра теплової та альтернативної енергетики

До захисту допущено:

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

_____ (підпис)

_____ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ _____ ” _____ 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

зі спеціальності 144«Теплоенергетика»

на тему: «Реконструкція теплового пункту загальноосвітньої школи №64 у
м.Києві»

Виконав: студент IV курсу, групи ОТ-11

Віталій ЗУБКО

_____ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Науковий керівник доцент, кандидат техн. наук доцент

_____ (Посада, науковий ступінь, вчене звання)

Інна БІЛОУС

_____ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Консультант з питань професор, доктор техн. наук, професор

охорони праці

_____ (Посада, науковий ступінь, вчене звання)

(назва розділу)

Лариса ТРЕТЯКОВА

_____ (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Рецензент Зав. каф. Інженерії енергосистем НУБіП, к.т.н., доцент

Євген АНТИПОВ

_____ (Посада, науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент

_____ (підпис)

Керівник

_____ (підпис)

Київ – 2025 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут атомної та теплової енергетики
Кафедра теплової та альтернативної енергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
Освітньо-професійна програма
«Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО

(підпис)

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

“ ___ ” _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту**

Віталію Зубку

(Ім'я, прізвище)

1. Тема проєкту: «Реконструкція теплового пункту загальноосвітньої школи №64 у м.Києві»

Керівник проєкту Інна Білоус кандидат техн. наук, доцент,

(Ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «2» червня 2025 р. №1875-С

2. Термін подання студентом проєкту 16.06.2025р.

3. Вихідні дані до проєкту 1) Тип будівлі – заклад освіти.

2) Рік побудови – 1973 опалювальна площа – 6569,7 м², опалювальний об'єм – 20507,46 м³;
кількість поверхів - 4; кількість учнів – 1000 осіб, кількість працівників – 200 особи;

3) Основний матеріал зовнішніх огорожувальних конструкцій: зовнішні стіни – керамічна порожниста цегла (R=0,981м²К/Вт); вікна – двох типів: металопластикове двокамерне 274 шт (R=0,518м²К/Вт) та подвійне застелення в металевих плетіннях 12 шт (R=0,486м²К/Вт); дах – суміщене покриття (R=1,802м²К/Вт); підлога двох типів: на ґрунті та неопалювальний підвал; вхідні двері – металеві 2 шт (R=0,168м²К/Вт), дерев'яні 1 шт (R=0,367м²К/Вт), металопластикові 8 шт (R=0,769м²К/Вт);

4) Існуюче джерело теплопостачання (опалення) – централізоване теплопостачання теплові мережі графіком 150/70°C (за проєктом), додатково для підігріву ГВП встановлені бойлери;.

5) Існуюча схема приєднання – залежна.

6) Існуюча система опалення - однотрубна з постійним гідравлічним режимом, балансувальна арматура відсутня;

7) Опалювальні прилади – сталеві та чавунні

8) Наявні геометричні розміри будівлі по фасадах: присутні архітектурні креслення де вказані розміри будівлі в залежності від фасаду

9) Система вентиляції – система вентиляції – механічна, припливно-витяжна, не працююча. Провітрювання здійснюється за рахунок природного повітрообміну.

4. Зміст пояснювальної записки :

1) Загальні дані про об'єкт;

2) Розрахунок теплового навантаження будівлі на опалення та вентиляцію;

3) Виконати розрахунки теплової схеми індивідуального теплопункту та обрати необхідне обладнання (циркуляційні насоси, теплообмінник, розширювальний бак, трубопроводи та запірно-регулювальну арматуру);

4) Розробити заходи з охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

1) Тепломеханічна схема теплового пункту після реконструкції - 1 арк. ф. А1;

2) Розташування обладнання індивідуального теплопункту (план, розрізи) з прив'язкою обладнання до осей будівлі - 1 арк. ф. А1.

3) Теплообмінний модуль системи опалення - 1 арк. ф. А1.

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
охорона праці	Лариса ТРЕТЯКОВА, професор		

7. Дата видачі завдання 29.05.2025р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Розрахунок теплового навантаження будівлі на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання	27.04.25	
2	Розробка та розрахунок теплової схеми індивідуального теплопункту	11.05.25	
3	Вибір обладнання для ІТП	18.05.25	
4	Охорона праці	25.05.25	
5	Оформлення графічної частини	8.06.25	
6	Оформлення пояснювальної записки	12.06.25	

Студент

_____ (підпис)

Віталій ЗУБКО

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

_____ (підпис)

Інна БІЛОУС

(ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

АННОТАЦІЯ

Дипломний проєкт першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: «Реконструкція теплового пункту загальноосвітньої школи №64 у м.Київ». Пояснювальна записка на 67 с., 9 рис., 6 табл., 16 бібліографічних найменувань.

Об'єкт дипломного проєкту – школа.

Відповідно технічному завданню, та оглядів продукції відповідних виробників було розроблено схему індивідуального теплового пункту з підбором його обладнання.

Було проведено розрахунок теплових втрат будівлі та навантажень опираючись на задані характеристики будівлі, кліматичні дані м.Київ та нормативні дані зазначені в стандартах України

Розроблені та описані заходи з Охорони праці

В кресленнях показані тепломеханічна схема після термомодернізації, розташування обладнання індивідуального теплопункту

Ключові слова: Індивідуальний тепловий пункт, опалення, теплообмінник циркуляційний насос, живильний насос, охорона праці.

ANNOTATION

Diploma project of the first (bachelor's) level of higher education on the topic: "Reconstruction of the heating point of secondary school No. 64 in Kyiv". Diploma project of the first (bachelor's) level of higher education on the topic: "Reconstruction of the heating point of secondary school No. 64 in Kyiv". Explanatory note on 67 pages, 9 figures, 6 tables, 16 bibliographic references.

The object of the diploma work is a school.

In accordance with the terms of reference and product reviews of the relevant manufacturers, a scheme of an individual heating point was developed with the selection of its equipment.

The building heat losses and loads were calculated based on the specified building characteristics, climatic data of Kyiv and regulatory data specified in the standards of Ukraine

Occupational health and safety measures were developed and described

The drawings show the thermal-mechanical scheme after thermodernisation, the location of the equipment of the individual heating station

Keywords: Individual heating point, heating, heat exchanger, circulation pump, feed pump, occupational safety and health.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

на тему: «Реконструкція теплового пункту загальноосвітньої школи №64 у
м.Києві»

Київ – 2025 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	9
ВСТУП	11
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ	13
1.1 Поточна ситуація.....	13
1.2 Висновки до розділу 1	15
2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ОПАЛЕННЯ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ ЗА МЕТОДИКОЮ СТАНДАРТУ ДСТУ EN 12831	16
2.1 Кліматичні дані	16
2.2 Розрахунок втрат потоків теплоти через огорожувальні конструкції.....	16
2.3 Розрахунок коефіцієнту тепловтрат за рахунок теплопередачі з опалювального простору.....	17
2.4 Розрахунок вентиляційних тепловтрат	23
2.5 Загальне енергоспоживання будівлі	23
2.6 Висновки до розділу 2	24
3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ТЕПЛОВОМУ ПУНКТІ	26
3.1 Загальна характеристика	26
3.2 Розрахунок та вибір теплообмінника	28
3.2. Гідравлічний розрахунок теплообмінника.....	35
3.3 Висновок до розділу 3	36
4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ ІТП.....	38
4.1 Циркуляційний насос.....	38
4.2. Підживлювальний насос	40

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ							
					Зміст							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						Стадія	Аркуш	Аркушів
Студент		Зубко									6	67
Керівник		Білоус										
Н. Контр		Боженко										
Т. Контр		Меренгер										
Зав. каф.		Черноусенко										

КПІ ім.І.Сікорського, НН
ІАТЕ каф. ТАЕ гр. ОТ-11

4.3. Розширювальний бак	42
4.4 Вибір регулюючого клапану	45
4.5 Розрахунки клапану регулятора перепаду тиску	48
4.6 Висновки до розділу 4	49
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	51
5.1 Загальна характеристика об'єкту та визначення робіт	51
5.2. Визначення обсягу та послідовності робіт	52
5.3. Кваліфікація робочого персоналу	55
5.4 Заходи з електробезпеки	57
5.5 Підбір засобів індивідуального захисту	59
5.6 Пожежна безпека.....	60
5.7 Висновок до розділу 5	62
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТОК А Перевірка дипломного проєкта на академічну доброчесність...67	

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

θ – температура;

Φ – теплове навантаження;

H – коефіцієнт тепловтрат;

A – площа;

U – коефіцієнт теплопередачі;

Q – тепловтрати;

V – об'єм;

α – коефіцієнт тепловіддачі;

λ – теплопровідність;

R – коефіцієнт опору теплопередачі

h – висота;

ρ – густина;

L – довжина;

n_0 – кратність повтрообміну;

δ – товщина;

W – швидкість;

d – діаметр;

Pr – критерій Прандтля;

ν – кінематична в'язкість;

G – витрата води;

Re – число Рейнольдса;

P – тиск;

N – потужність;

ν – кінематична в'язкість;

c – теплоємність;

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Індекси

T – трансмісійні втрати;

max – максимальне значення;

min – мінімальне значення;

річ – річне;

под – подавальний трубопровід;

звор – зворотній трубопровід;

Скорочення

ІТП – індивідуальний тепловий пункт;

ТО – теплообмінник;

ДБН – Державні будівельні норми;

ДСТУ – Державний стандарт України

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

ВСТУП

В наш час в умовах війни, питання енергозабезпечення будівель, а зокрема закладів освіти є одним з ключових питань. Освітні заклади є одними з основних споживачів теплової енергії, що спонукає задумуватись необхідності модернізації систем тепlopостачання. Основним з лідерів сьогоdnішнього вирішення цього питання є теплові пункти які діляться на: індивідуальні (ІТП) та центральні (ЦТП). Сам індивідуальний тепловий пункт це – комплекс пристроїв, розташованих в окремих приміщеннях, або в певній частині будівлі найчастіше це підвал, яке включає в себе набір для моніторингу та регулювання теплових втрат енергії в носії, а також зміни температурного та гідравлічного режиму теплоносія.

В залежності від способу регулювання відпуску теплоти можна поділити на 4 типи, а саме:

- Центральне – здійснюється безпосередньо на джерелах теплоти (теплоцентралі чи котельні) і передбачає зміну параметрів теплоносія перед подачею в тепलोмережу;
- Районне, групове чи мікрорайонне – виконується в основному центральних теплових пунктах, які обслуговують від декількох будівель до мікрорайону;
- Локальне (місцеве) – проводиться у теплових пунктах конкретних будівель (індивідуальних теплових пунктах ІТП), де відбувається адаптація параметрів теплоносія до потреб кожного об'єкта;
- Індивідуальне – виконується безпосередньо на індивідуальних споживачів тепла (прилади опалення, вентиляції та гарячого водопостачання);

Тепер коли ми розібрали структуру і значення Індивідуального теплового пункту треба подивитись на будову ІТП. В себе воно включає:

- Теплообмінний апарат для опалення та ГВП в основному зараз найбільш актуальними та сучасними виступають пластинчасті теплообмінники за їхні певні переваги, а саме: компактність, простота обслуговування, тривалий час експлуатації та високий ККД

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

- Циркуляційний насос – основна задача яких забезпечити сталу циркуляцію в системі, але також вони можуть стати і проблемою через додаткові вібраційні навантаження на систему для цього у системі передбачені розширювальні баки, вони бувають 2 типів: перший тип працює під надлишковим тиском, а другий від атмосферного.

- Підживлювальний насос – призначений для компенсації втрат теплоносія у системі опалення та заповнення трубопроводів при первинному пуску або після технічного обслуговування.

- Фільтрами для систему слугують грязьовики або фільтри сітчастий які захищають систему від накопичення в трубах механічних домішок. Встановлюються на прямих трубопроводах подачі з тепломережі для очистки теплоносія від домішок які можуть пошкодити систему це домішки такі як іржа, пісок та шлам. В даному завданні я обираю сітчастий фільтр оскільки він краще очищає більш дрібні частки до 0,5 мм

В технічному завданні дипломного проєкту індивідуальний тепловий пункт буде підключений до міської теплової мережі м.Київ з температурним режимом 150/70 °С в проєкті температурний режим в опалювальному приміщенні буде 95/65 °С

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ БУДІВЛІ

1.1 Поточна ситуація

У межах дипломного проекту розглядається загальноосвітня школа №64, яка розташована за адресою: м. Київ, вул. Ушинського, 32.

Школа функціонує як навчальний заклад з 1973 року. Будівля має Н-подібну форму, складається з трьох основних блоків (А, В, С), що розміщені перпендикулярно один до одного (рис. 1.2). Загальна площа споруди становить 6569,7 м². Висота кожного поверху – 3,5 м.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд об'єкту

Конструктивно будівля має неоднорідну поверховість: блок С має чотири поверхи, тоді як блоки А і В – по два поверхи. У центральній частині (блок В) розміщено вхідну групу та основні інженерні вузли, зокрема індивідуальний тепловий пункт (ІТП), що знаходиться у технічному підвалі.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			



Рисунок 1.2 – Схематичне зображення навчального корпусу

В ІТП розміщено тепловий вузол, підключений до централізованої теплової мережі міста. Система працює за температурним графіком 150/70 °С. Передача тепла здійснюється через пластинчастий теплообмінник (в подальшій реконструкції передбачається встановлення двох теплообмінників). У тепловому пункті встановлені запірна арматура, манометри, термометри, циркуляційний насос, розширювальний бак і ультразвуковий витратомір для обліку споживання теплової енергії.

Частково утеплені трубопроводи розміщені у підвальному приміщенні. Наразі температурний облік у приміщеннях школи не ведеться, що ускладнює коректне налаштування режимів роботи опалення.

Система гарячого водопостачання (ГВП) представлена у вигляді двох бойлерів, які розміщені в одному приміщенні з ІТП. Вони забезпечують основні потреби будівлі – приготування їжі, миття рук та гігієну.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Система вентиляції у школі виконується природним способом, оскільки існуюча механічна витяжна система не функціонує через зношеність та відсутність обслуговування.

1.2 Висновки до розділу 1

У цьому розділі було здійснено загальну характеристику технічного стану систем будівлі загальноосвітньої школи №64 у місті Києві. Розглянуто основні елементи інженерної інфраструктури, зокрема систему опалення, гарячого водопостачання та вентиляції. Оцінено просторову конфігурацію будівлі, її поверховість і особливості планування, що мають безпосередній вплив на теплотехнічні показники та енергетичні витрати.

Встановлено, що наявний індивідуальний тепловий пункт, розміщений у підвальному приміщенні, підключено до централізованої тепломережі міста. Хоча вузол оснащено основними елементами (циркуляційним насосом, розширювальним баком, засувками, витратоміром, термометрами та барометрами), його технічний стан не дозволяє ефективно забезпечувати сучасні вимоги до теплоспоживання. Система не дозволяє вести контроль температурних режимів у внутрішніх приміщеннях, вентиляція працює виключно природним способом, а трубопроводи частково ізольовані.

На основі проведеного аналізу сформовано технічне обґрунтування необхідності реконструкції індивідуального теплового пункту. Що стосується системи гарячого водопостачання, вона знаходиться у задовільному стані: встановлені бойлери повністю покривають потреби навчального закладу у гарячій воді для побутових та господарських цілей.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ОПАЛЕННЯ ЗАКЛАДУ ОСВІТИ ЗА МЕТОДИКОЮ СТАНДАРТУ ДСТУ EN 12831

2.1 Кліматичні дані

Кліматичні дані ми обримо відповідно за [1], оскільки наша об'єкт знаходиться в м.Київ то він відноситься до першої кліматичної зони. Тому за стандартом ДБН ми беремо такі показники:

- Місто: Київ
- Кліматична зона: I
- Тривалість опалювального періоду $n_o=176$ доби;
- Розрахункова температура навколишнього середовища $\theta_e = -22$ °С;
- Розрахункова внутрішня температура будівлі $\theta_{int,i} = 20$ °С;
- Середньодобова температура за опалювальний період $\theta_{e.} = -0,1$ °С;

2.2 Розрахунок втрат потоків теплоти через огорожувальні конструкції

Однією з найбільших витрат теплоти йде через огорожувальні конструкції будівлі що контактують з оточуючим середовищем і також витрати через неопалювальний простір.

За стандартом [2] розрахунок проектних витрат тепла опалювального простору за рахунок теплопередачі розраховується за формулою:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ieu} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{Вт} \quad (2.1)$$

де: $H_{T,ie}$ – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору до навколишнього середовища через оболонку будівлі, Вт/К;

$H_{T,ieu}$ – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалюваного простору до навколишнього середовища через неопалювані простоти, Вт/К;

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$H_{T,ig}$ – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору до ґрунту у сталих умовах, Вт/К;

$H_{T,ij}$ – коефіцієнт втрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору до суміжного опалювального простору;

$\theta_{int,i}$ – розрахункова внутрішня температура будівлі;

θ_e – розрахункова температура навколишнього середовища

2.3 Розрахунок коефіцієнту тепловтрат за рахунок теплопередачі з опалювального простору

2.3.1 Розрахунок тепловтрат через зовнішні стіни

За методикою розрахунку EN 12831 значення коефіцієнту втрат тепла $H_{T,ie}$ розраховується за рахунок теплопередачі з опалювального простору до навколишнього середовища, що залежить від розмірів та характеристик елементів будівлі, що відділяють, опалювальний простір від зовнішнього середовища, таких як: стіни, підлоги, покриття, двері, вікна. [2] Отже формула розрахунку буде наступною:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad (2.2)$$

де: A_k – площа елемента будинку, м²;

U_k – коефіцієнт теплопередачі огородження Вт/(м²·К);

e_k – поправочний коефіцієнт на орієнтацію огородження обираємо згідно [х] за даними якого для півночі та сходу приймається 10% для заходу 5% і для півдня вважається що додаткових втрат немає

Всі необхідні вхідні дані заносимо в таблицю 2.1

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Отже тепер просумуючи ми отримаємо тепловтрати через зовнішні стіни:

$$H_{T,зс} = 246,63 + 334,21 + 876,13 + 864,77 = 2321,74 \text{ Вт/К}$$

2.3.2 Розрахунок тепловтрат через дах

Витрати через дах будуть розраховуватись аналогічно витратам через зовнішні стіни оскільки в нас відсутнє горище, проте дах ми розіб'ємо на 2 частини оскільки дах в нас не однорідний отже тепловтрати через дах буде дорівнювати:

$$H_{T,дх1} = 1216,66 \cdot 0,143 = 173,98 \text{ Вт/К}$$

$$H_{T,дх2} = 752,94 \cdot 0,143 = 107,67 \text{ Вт/К}$$

Загальні витрати будуть дорівнювати:

$$H_{T,дх} = 173,98 + 107,67 = 281,65 \text{ Вт/К}$$

Визначаємо коефіцієнт втрат тепла напряму з опалювального простору:

$$H_{T,ie} = H_{T,зс} + H_{T,дх} = 2321,74 + 281,65 = 2603,39 \text{ Вт/К}$$

2.3.3 Розрахунок тепловтрат через підлогу на ґрунті

Згідно стандарту коефіцієнт витрат тепла за рахунок теплопередачі з опалювального простору до ґрунту визначають за таким рівнянням:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \quad (2.3)$$

де: f_{g1} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив річних коливань зовнішньої температури;

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

f_{g2} – коефіцієнт пониження температури, що враховує різницю між середньою річною зовнішньою температурою та проектною зовнішньою температурою;

A_k – площа елемента будинку, м²;

$U_{equiv,k}$ – рівноважний коефіцієнт теплопередачі елемента огородження, Вт/(м²·К);

G_w – коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод.

Так як ми не можемо точно сказати стосовно річних коливань зовнішньої температури то коефіцієнт f_{g1} приймаємо рівним 1,45

Коефіцієнт пониження температури f_{g2} обчислюють за таким виразом:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad (2.4)$$

де: $\theta_{int,i}$ – проектна внутрішня температура опалюваного простору °С;

$\theta_{m,e}$ – середня річна зовнішня температура °С;

θ_e – проектна зовнішня температура °С.

$$f_{g2} = \frac{20 - 8}{20 - (-22)} = 0,579$$

Коефіцієнт G_w рахується для підземних вод і враховується лише якщо відстань від дзеркальних вод до рівня підлоги більша ніж 1 м в інших випадках вважається що не чинять суттєвого впливу на теплопередачу в ґрунт і приймаються рівним 1.

Для того щоб визначити рівноважний коефіцієнт теплопередачі нам необхідно знайти характерний розмір підлоги (B') і також потрібно знати коефіцієнт теплопередачі самої огородження що вказане в розділі 1. Отже характерний розмір підлоги можна знайти за формулою:

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{333,1}{0,5 \cdot 81,24} = 8,2 \text{ м}$$

Тепер використовуючи рисунок 2.1 ми знаходимо показник $U_{equiv,k}$ який буде дорівнювати $U_{equiv,k} = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

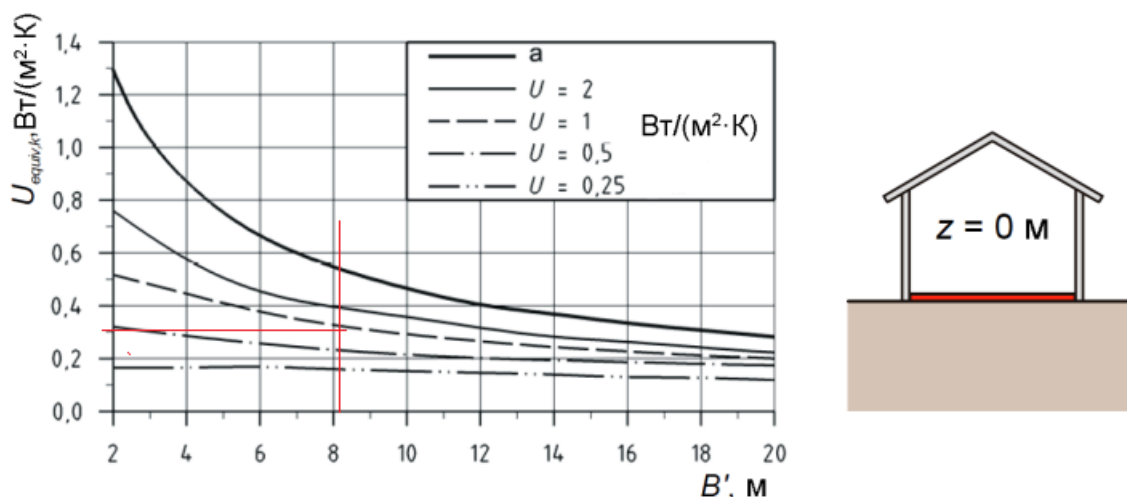


Рисунок 2.1 – Графік залежності рівноважного коефіцієнту

Підставляємо наші зауваження в формулу

$$H_{T,ig} = 1,45 \cdot 0,579 \cdot (333,1 \cdot 0,3) \cdot 1 = 83,89 \text{ Вт}/\text{К}$$

2.3.4. Розрахунок тепловтрат через неопалювальний підвал

Розрахунок коефіцієнту проектної передачі тепла з опалювального простору в навколишнє середовище через неопалювальний простір знаходиться через рівняння:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad (2.5)$$

де A_k – площа елемента неопалювального простору, м^2 ;

U_k – коефіцієнт теплопередачі огороження $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

b_u – коефіцієнт пониження температури, що враховує різницю між температурою неопалювального простору та проектною зовнішньою температурою.

Даний коефіцієнт b_u ми обримо з додатку стандарту D.4.2 EN 12831:2003 (E) і за даними тех підпілля без зовнішніх вікон/дверей становить 0,5

Всі інші дані будуть занесені в таблицю 2.2

Типи огорожень	Площа, A_k м ²	коефіцієнт теплопередачі U_k Вт/(м ² · К)
Підлога	1443,37	0,722
Стіна цоколю	193,1	0,984
Перекриття над опалювальним простором	1636,5	0,2

Таблиця 2.2 розрахункові значення неопалювального підвалу

Тепер коли ми маємо всі значення тепер потрібно знайти за кожним огороженням:

$$H_{T,\Pi} = 1443 \cdot 0,722 \cdot 0,5 = 520,92 \text{ Вт/К}$$

$$H_{T,\text{цок}} = 193,1 \cdot 0,984 \cdot 0,5 = 95 \text{ Вт/К}$$

$$H_{T,\text{Пер}} = 1636,5 \cdot 0,2 \cdot 0,5 = 163,65 \text{ Вт/К}$$

$$H_{T,ie} = H_{T,\Pi} + H_{T,\text{цок}} + H_{T,\text{Пер}} = 520,92 + 95 + 163,65 = 779,57 \text{ Вт/К}$$

Тепер маючи всі потрібні нам значення визначимо проектні витрати теплоти через теплопередачу за формулою 1.1:

$$\Phi_{T,i} = (2603,39 + 779,57 + 83,89) \cdot (20 - (-22)) = 145607,7 \text{ Вт}$$

2.4 Розрахунок вентиляційних тепловтрат

За методикою яку надає [2] розрахунок проектних вентиляційних витрат теплоти, опалювального простору проводиться за формулою:

$$\Phi_{v,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2.6)$$

де $H_{V,i}$ – коефіцієнт проектних вентиляційних втрат тепла Вт/К;

$\theta_{int,i}$ – розрахункова внутрішня температура будівлі;

θ_e – розрахункова температура навколишнього середовища.

З даного рівняння нам потрібно визначити коефіцієнт проектних вентиляційних втрат $H_{V,i}$ за національним стандартом [10] в якому формула розрахунку представлена у вигляді:

$$H_{V,i} = 0,337 \cdot V_{оп} \cdot n_0 \quad (2.7)$$

де $V_{оп}$ – опалювальний об'єм м³,

n_0 – кратність повітрообміну для закладів освіти складає 1 год⁻¹ підставляємо значення:

$$H_{V,i} = 0,337 \cdot 20057,46 \cdot 1 = 6759,364 \text{ Вт/К}$$

Розраховуємо проектні вентиляційні витрати за формулою 1.6:

$$\Phi_{v,i} = 6911,01 \cdot (20 - (-22)) = 283893,3 \text{ Вт}$$

2.5 Загальне енергоспоживання будівлі

Для визначення загального енергоспоживання всієї будівлі використовують метод який зазначений в стандарті [3] за формулою:

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$$Q_{\text{рік}} = \Phi_{\text{сер}} \cdot n_{\text{оп}} \cdot 24 \cdot 3,6 \quad (2.8)$$

де $\Phi_{\text{сер}}$ – середні проектні витрати,

$n_{\text{оп}}$ – кількість днів опалювального періоду.

Серед всіх значень нам потрібно визначити середні проектні витрати їх визначити можна за формулою:

$$\Phi_{\text{сер}} = \Phi_{\text{max}} \cdot \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{su},i}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e} \quad (2.9)$$

де Φ_{max} – повні витрати будівлі кВт,

$\theta_{\text{int},i}$ – розрахункова внутрішня температура будівлі °С,

$\theta_{\text{su},i}$ – середня температура за рік, °С

θ_e – розрахункова температура навколишнього середовища °С.

Повні витрати визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{max}} = \Phi_{v,i} + \Phi_{T,i} \quad (2.10)$$

$$\Phi_{\text{max}} = 283893,3 + 145607,7 = 429501 \text{ Вт} = 429,5 \text{ кВт}$$

$$\Phi_{\text{сер}} = 429,5 \cdot \frac{20 - (-0,1)}{20 - (-22)} = 205,55 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{рік}} = 205,55 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 3,6 = 3,13 \cdot 10^6 \frac{\text{МДж}}{\text{рік}}$$

2.6 Висновки до розділу 2

У розділі проведено розрахунок теплового навантаження на опалення будівлі загальноосвітньої школи №64 м. Київ відповідно до вимог методики ДСТУ EN 12831. Обчислення виконано з урахуванням кліматичних параметрів м. Київ, геометричних характеристик об'єкта, типів огорожувальних конструкцій, режиму експлуатації приміщень та системи вентиляції.

Розрахункові втрати тепла через огорожувальні конструкції охоплюють усі основні напрямки теплопередачі — через зовнішні стіни, покрівлю, підлогу, вікна, двері та приміщення, що межують з неопалюваними зонами (трансмісійні втрати). Найбільші втрати виявлено через зовнішні стіни та покрівлю, що

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

пов'язано з площею їх поверхонь та коефіцієнтом теплопередачі. Окремо враховано вентиляційні втрати, які є вагомим компонентом загального навантаження.

Сумарне теплове навантаження на опалення визначено на рівні 429,5 кВт, що стало основою для подальших інженерних рішень щодо реконструкції теплового пункту. Отримані дані дозволяють не лише обґрунтувати вибір теплообмінного обладнання, а й визначити можливості зменшення енергоспоживання шляхом підвищення енергоефективності конструкцій і систем регулювання тепlopостачання. Таким чином, результати розрахунку є важливою аналітичною складовою проєктної документації та формують технічну базу для подальших проєктних рішень.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

3 РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА В ІНДИВІДУАЛЬНОМУ ТЕПЛОВОМУ ПУНКТІ

3.1 Загальна характеристика

Коли в нас випад в якому в нас централізоване теплопостачання споживачів то тоді можуть використовуватись три схеми централізованого теплопостачання:

- Незалежна схема
- Залежна схема зі змішуванням води
- Залежна схема з прямоточною подачею

Зараз пропоную перегляну ці три види схем щоб побачити в чому вони краще за конкурентів і також дати опис принципу схеми

Серед основних переваг незалежної схеми можна виділити

- Автономність: дані теплові пункти можуть працювати незалежно без прямого втручання людей і також надає гнучкості в керуванні процесами в середні установки
- Енергоефективність: можливість точного налаштування теплового режиму роботи під окремих конкретний випадок допомагає не тільки забезпечити комфорт в самій будівлі, а і також зменшує витрати тепла в самій системі
- Самодостатність під час поломки: дані системи є слабо залежними від центрального опалення і вразі аварії на одному з об'єктів це не зачепить всі інші ІТП даного типу.

Серед недоліків системи можна виділити:

- Вартість установки: На кожен новий об'єкт потрібна власна система з усіма її частинами (теплообмінники, котли, насоси)
- Додаткові експлуатаційні витрати : дані схеми потребують ресурсів для обслуговування кожного об'єкта

У незалежній схемі теплопостачання циркуляційна вода в системі опалення нагрівається за рахунок нагрівання води з лінії подачі теплової мережі

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

в теплообміннику, встановленому в котельні або в тепловому пункті [3].

Серед переваг залежної схеми зі змішуваннями води можна виділити:

- Економічність: теплоносія: Можливість використання меншої кількості теплоносія з подавальної системи в систему опалення за рахунок змішування подавального контуру зі більш холодною водою з зворотного контуру.
- Простота системи: Перевагою залежної схеми з підйомом є її простота через відсутність обладнання (насосів), що споживають додаткову енергію [3].

Недоліки даної системи це:

- Обмеженість застосування: дані схеми можна встановлювати лише на будівлі з кількістю поверхів у будівлі (не більше 9) [3].
- Неможливість регулювання теплообміну опалювального обладнання [3].

У залежній прямоточній схемі система опалення підключена безпосередньо до мережі централізованого теплопостачання [3].

Перевагою залежної прямоточної схеми є відсутність проміжного обладнання для підігріву води, що надходить в систему опалення, а до недоліків можна віднести складність регулювання температури води в системі опалення в залежності від температури зовнішнього повітря. Таке регулювання досягається шляхом зміни температури води в опалювальній мережі, але це може призвести до перешкод у теплопостачанні інших систем, наприклад, систем вентиляції, які підключені до тієї ж опалювальної мережі. Залежна прямоточна схема може бути використана для опалення промислових будівель, де температура теплоносія може становити 150 °С, тобто така ж, як і в мережі централізованого теплопостачання [3].

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

При проектуванні індивідуального теплового пункту для дипломної роботи я вирішив обрати незалежну схему підключення опалення для загальноосвітнього закладу, використовуючи два пластинчасті теплообмінники, з'єднані паралельно, а також циркуляційні насоси. Їхнє розташування зображене на рис. 3.1.

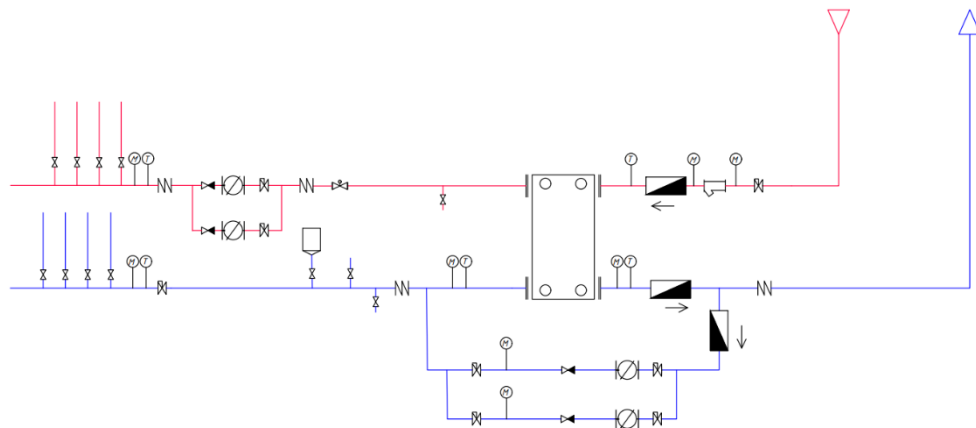


Рисунок 3.1 – Незалежна схема приєднання системи опалення

Відповідно до мого креслення, мережева вода входить у теплообмінники, де, передаючи температуру носію в будівлі, розподіляється на два паралельних теплообмінника, кожен з яких сприймає половину теплового навантаження. Охолоджена мережна вода потім одразу подається в зворотню лінію теплової мережі.

Нагріта у теплообмінниках вода проходить через сітчастий фільтр для очищення від води із зайвими домішками і вже через насос подається до системи опалення будівлі. Також на схемі представлені запірно-регулювальні пристрої для підтримання заданої температури теплоносія в системі.

3.2 Розрахунок та вибір теплообмінника

При виконанні розрахунків для вибору теплообмінника потрібно спершу розрахувати пластину

- Максимальне теплове навантаження на опалення $\Phi_{max} = 0,584$ МВт;
- Температура води у подавальному трубопроводі $\theta_{\text{прям.1}} = 150$ °С
- Температура води у зворотному трубопроводі $\theta_{\text{звор.1}} = 70$ °С

Δt – середні температурний напір, К.

Коефіцієнт теплопередачі Вт/(м²·К), розраховується за формулою:

$$U = \frac{\beta_1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.2)$$

де β_1 – поправка, що враховує нерівномірність поля швидкостей у перехідному перерізі; приймаємо $\beta_1 = 0,93$;

α_1, α_2 , - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

$\lambda_{ст}$ – теплопровідність стінки Вт/(м·К);

$\delta_{ст}$ – товщина стінки, м.

Коефіцієнт тепловіддачі α_1, α_2 , Вт/(м²·К) розраховується за формулою [6]:

$$\alpha_1 = A_i \cdot \frac{W_i^{0,73}}{d_e^{0,27}} \quad (3.3)$$

де A – температурний режим;

W – швидкість води, м/с;

d_b – еквівалентний діаметр клапану, м.

Температурний множник визначаємо за формулою [6]

$$A_i = 0,1 \frac{\lambda_i}{v_i^{0,73}} Pr_i^{0,43} \left(\frac{Pr_i}{Pr_c} \right)^{0,25} \quad (3.4)$$

де λ – теплопровідність теплоносія, Вт/(м·К);

v – кінематична в'язкість, м²/с;

Pr – критерій Прандтля.

Середні температури та теплофізичні параметри теплоносіїв у каналах теплообмінника, °С:

Вода з боку центральної мережі

$$\theta_{ср1} = \frac{\theta_{прям.1} + \theta_{звор.1}}{2} \quad (3.5)$$

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$$\theta_{\text{ср1}} = \frac{150+70}{2} = 110 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тепер за температурою $\theta_{\text{ср1}} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ знаходимо теплофізичні параметри [7]:

$$\rho_1 = 951 \text{ кг/м}^3; \text{Pr}_1 = 1,6; \nu_1 = 0,272 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}; \lambda_1 = 68,5 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}.$$

Вода з боку місцевої мережі

$$\theta_{\text{ср2}} = \frac{\theta_{\text{прям.2}} + \theta_{\text{звор.2}}}{2} \quad (3.6)$$

$$\theta_{\text{ср2}} = \frac{95+65}{2} = 80 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тепер за температурою $\theta_{\text{ср2}} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ знаходимо теплофізичні параметри [7]:

$$\rho_2 = 971,8 \text{ кг/м}^3; \text{Pr}_2 = 2,21; \nu_2 = 0,365 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}; \lambda_2 = 67,4 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

Проводимо розрахунок температури стінки, $^\circ\text{C}$:

$$\theta_c = \frac{\theta_{\text{ср1}} + \theta_{\text{ср2}}}{2} \quad (3.7)$$

$$\theta_c = \frac{110+80}{2} = 95 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тепер за температурою $\theta_c = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ знаходимо критерій Прандтля $\text{Pr}_c = 2,21$ [8];

Тепер за формулою (2.4) визначаємо температурні множники:

- для нагрівальної мережевої води

$$A_1 = 0,1 \frac{68,5 \cdot 10^{-2}}{(0,272 \cdot 10^{-6})^{0,73}} \cdot 1,6^{0,43} \left(\frac{1,6}{1,85} \right)^{0,25} = 5017$$

- для води системи опалення, що нагрівається

$$A_2 = 0,1 \frac{67,4 \cdot 10^{-2}}{(0,365 \cdot 10^{-6})^{0,73}} \cdot 2,21^{0,43} \left(\frac{2,21}{1,85} \right)^{0,25} = 4961$$

Визначаємо швидкість теплоносіїв у каналах, м/с [7]

$$W_i = \frac{G_{\text{он}i}}{z_i \cdot f_i \cdot \rho_i} \quad (3.8)$$

де $G_{\text{он}i}$ – витрати води в каналах теплообмінника кг/с

z_i – кількість каналів ходу, шт.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Витрата води в теплообміннику, кг/с [7] визначається за формулою

$$G_{on_1} = \frac{Q_0}{c_p \cdot (\theta_{\text{прям1}} - \theta_{\text{звор.1}})} \quad (3.9)$$

- для нагрівальні мережевої води

$$G_{on_1} = \frac{0,215 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 0,64 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

- для води системи опалення, що нагрівається

$$G_{on_2} = \frac{0,215 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (95 - 65)} = 1,71 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

За формулою (3.8) ми визначимо швидкість руху теплоносіїв. Приймаємо кількість одного ходу зі сторони центральної мережі рівну $z_1 = 20$ шт., отже в такому випадку:

$$W_1 = \frac{0,64}{20 \cdot 0,001 \cdot 951} = 0,034 \text{ кг/с}$$

Зі сторонами місцевої мережі буде аналогічна кількість каналів одного хода, відповідно, $z_1 = z_2 = 20$;

$$W_2 = \frac{1,71}{20 \cdot 0,001 \cdot 971,8} = 0,088 \text{ кг/с}$$

Визначаю коефіцієнти тепловіддачі від нагрівальної води до стінки і від стінки до води системи опалення, що нагрівається, відповідно

$$a_1 = 5017 \frac{0,034^{0,73}}{0,006^{0,27}} = 1691,69 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

$$a_2 = 4961 \frac{0,088^{0,73}}{0,006^{0,27}} = 3387 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

За формулою 3.2 визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$U = \frac{0,93}{\frac{1}{1691,69} + \frac{0,0005}{16} + \frac{1}{3387}} = 1013,49 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}$$

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Визначимо температурний режим за середньологарифмічною залежністю для протитечійної схеми руху теплоносіїв (див. рис. 3.2)

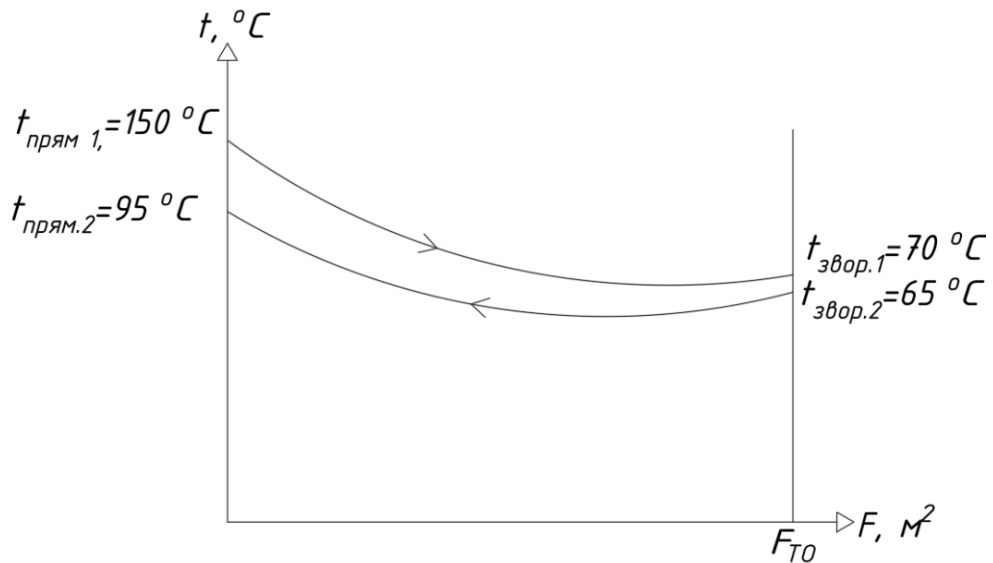


Рисунок 3.2 – графік зміни температур теплоносіїв у теплообміннику

Рівняння середньологарифмічної залежності записується таким чином:

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} \quad (3.10)$$

Визначаємо більшу та меншу різницю температур

Більша різниця:

$$\Delta t_{\text{б}} = t_{\text{прям.1}} - t_{\text{прям.2}} \quad (3.11)$$

$$\Delta t_{\text{б}} = 150 - 95 = 55^{\circ}\text{C}$$

Менша різниця:

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{звор.1}} - t_{\text{звор.2}} \quad (3.12)$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 70 - 65 = 5^{\circ}\text{C}$$

Отже середній напір буде дорівнювати:

$$\Delta \bar{t} = \frac{55 - 5}{\ln \frac{55}{5}} = 20,85^{\circ}\text{C}$$

3.2. Гідравлічний розрахунок теплообмінника

Завданням гідравлічного розрахунку полягає у визначенні втрат тиску та необхідних параметр насосів для забезпечення роботи теплообмінника. Для визначання цих самих втрат використовують формулу:

$$\Delta P_i = \lambda_i \frac{L_{\text{пр}}}{d_3} \cdot \frac{x \cdot \rho_i \cdot W_i^2}{2} \quad (3.14)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя, м;

$L_{\text{пр}}$ – приведена довжина каналу, м;

d_3 – еквівалентний діаметр каналу, м;

x – кількість ходів у теплообміннику, шт;

ρ – густина теплоносія, кг/м³;

W – швидкість теплоносія, м/с.

Число Рейнольдса визначають за формулою

$$Re_i = \frac{W_i d_e}{v_i} \quad (3.15)$$

для нагрівальної мережевої води:

$$Re_1 = \frac{0,034 \cdot 0,006}{0,272 \cdot 10^{-6}} = 750$$

для води системи опалення, що нагрівається:

$$Re_2 = \frac{0,088 \cdot 0,006}{0,365 \cdot 10^{-6}} = 1446,57$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda_i = \frac{c}{Re_i^{0,25}} \quad (3.16)$$

для нагрівальної мережевої води:

$$\lambda_1 = \frac{3,67}{750^{0,25}} = 0,701$$

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

для води системи опалення, що нагрівається:

$$\lambda_2 = \frac{3,67}{1446,57^{0,25}} = 0,595$$

За формулою (2,14) визначаю:

- для нагрівальної мережевої води:

$$\Delta P_1 = 0,701 \frac{0,5}{0,006} \cdot \frac{1 \cdot 951 \cdot 0,034^2}{2} = 32,11 \text{ Па}$$

- для води системи опалення, що нагрівається:

$$\Delta P_2 = 0,595 \frac{0,5}{0,006} \cdot \frac{1 \cdot 971,8 \cdot 0,088^2}{2} = 186,57 \text{ Па}$$

3.3 Висновок до розділу 3

У межах даного розділу виконано теплотехнічний та гідравлічний розрахунок теплообмінного апарата, який є ключовою складовою індивідуального теплового пункту загальноосвітньої школи №64. Як базову модель для розрахунків було обрано пластинчастий теплообмінник ТМО Alfa Laval Т6, який відповідає заданим параметрам теплового навантаження та умовам роботи системи.

В результаті розрахунків визначено витрату теплоносія та необхідну площу поверхні теплообміну, що склала 6,32 м². Для досягнення заданих теплотехнічних характеристик обрано конфігурацію теплообмінника з 34 пластинами типу Р (висота гофри 3,0 мм), що забезпечує ефективну теплопередачу та відповідає умовам експлуатації.

Крім того, було проведено гідравлічний розрахунок, у ході якого визначено втрати тиску на стороні теплоносія, що є необхідним для коректного підбору циркуляційного насоса в складі ІТП. Врахування гідравлічного опору дозволяє забезпечити стабільну роботу системи в реальних умовах.

Таким чином, виконані розрахунки підтверджують доцільність застосування теплообмінника ТМО Alfa Laval Т6 у проєктованому ІТП, а

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

отримані технічні параметри будуть враховані на подальших етапах підбору обладнання та формування загальної схеми теплопостачання будівлі.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

4 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ ІТП

4.1 Циркуляційний насос

Основна задача насосів це перекачування води як теплоносія по трубопроводі. Тому весь їх принцип будується на створенні певного тиску достатнього лише для перекачування води по системі. При встановленні даних насосів завжди встановлюють два один з них головний або ж робочий працює в звичайному режимі роботи інший аварійний, який в разі поломки основного насоса не дасть системі зламатись ще більше або зупинитись:

Отже нам треба знайти подачу циркуляційних насосів, м³/год

$$G_o^H = \frac{Q_0 \cdot 3600}{(\theta_{\text{под.2}} - \theta_{\text{звор.2}}) \cdot c \cdot \rho} \quad (4.1)$$

де Q_0 – максимальне теплове навантаження на опалення;

$\theta_{\text{под.2}}$ – температура води у прямому трубопроводі системи опалення;

$\theta_{\text{звор.2}}$ – температура води у зворотному трубопроводі система опалення;

ρ – густина води = $f(\theta_{\text{звор.2}}) = 980,5$ кг/м³ – густина води.

$$G_o^H = \frac{584,5 \cdot 3600}{(95 - 65) \cdot 4,187 \cdot 980,5} = 17,08 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Повний тиск контуру системи опалення, Па визначаємо за формулою:

$$H_{on} = H_2 + H_{p.c} \quad (4.2)$$

де H_2 – витрати тиску у каналах теплообмінного апарату зі сторони гарячого контуру;

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$H_{p.c}$ – витрати тиску у радіаторній системі опалення та трубопроводах.

$$H_2 = \frac{\Delta P_2}{\rho_2 \cdot g} \quad (4.3)$$

Де: $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння

$$H_2 = \frac{1073,2}{971,8 \cdot 9,81} = 0,11 \text{ м. вод. ст.}$$

Приймаємо гідравлічний опір радіаторної системи опалення та трубопроводів рівним $\Delta P_{p.c} = 30 \text{ кПа}$ звідси витрати тиску в радіаторній системі буде дорівнювати:

$$H_{p.c} = \frac{30000}{971,8 \cdot 9,81} = 3,15 \text{ м. вод. ст.}$$

Повний напір контуру системи опалення розраховується як:

$$H_{on} = 0,11 + 3,15 = 3,26 \text{ м. вод. ст.}$$

За отриманими величинами $G_o^H = 17,08 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ та $H_{on} = 3,26 \text{ м. вод. ст.}$

Пропоную обрати 2 насоси марки Етаух SC100

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			



Рисунок 4.1. - Циркуляційний насос Emaux SC100

4.2. Підживлювальний насос

У системах що працюють по незалежній системі опалення, можливе виникнення витоків теплоносія через порушення геометричності структури. В таких випадках заповнення та підживлення системи доцільно здійснювати через зворотні трубопроводи, де температура води є нижчою ніж в подаючих.

Цей спосіб є безпечнішим, особливо під час пробних пусків, коли існує підвищений ризик витоків теплоносія. Крім того, така подача теплоносія включає ймовірність його закипання, оскільки трубопроводи в даному випадку знаходяться під тиском.

Підживлювальний насос у системі школи має забезпечити тиск, достатній для подолання гідравлічного опору системи, що визначається висотою будівлі. Для надійної подачі теплоносія до верхніх поверхів до розрахункової висоти додається запас 5 метрів водяного стовпа оскільки основна задача насосу качати воду ввєрх по системі. Це буде дорівнювати:

						ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
							40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис				

$$H_H = h_6 + \Delta h_T + 5 \quad (4.4)$$

де h_6 – висота будівлі;

Δh_T – поправочний коефіцієнт на тертя в трубопроводі.

Знаходимо поправочний коефіцієнт за формулою:

$$\Delta h_T = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (4.5)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя, $\lambda=0,03$

l – загальна довжина трубопроводів вона буде дорівнювати 940 м

d – діаметр трубопроводу (приймається $d = 100$ мм)

$$\Delta h_T = 0,03 \cdot \frac{940}{0,1} \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 14,37 \text{кПа} = 1,46 \text{м. вод. ст.}$$

Тепер ми можемо визначити напір, який має створювати підживлювальний насос для підняття води:

$$H_H = 14,05 + 1,46 + 5 = 20,51 \text{м. вод. ст.}$$

Також при підборі насосу потрібно задовольняти таку вимогу

$$H_H \geq H_{H\text{сист}}$$

$$H_H \geq 20,51 \text{ м. вод. ст.}$$

Продуктивність насоса визначається з урахуванням загального об'єму води, що міститься в трубопроводах теплової мережі та підключеній системі опалення. Для забезпечення ефективності циркуляції вона повинна становити 20% від загального об'єму системи

$$G_{\text{пп}} = 0,2 \cdot V_c \quad (4.6)$$

де V_c – об'єм системи який ми приймаємо 20 м³/год згідно [1]

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

$$G_{\text{пн}} = 0,2 \cdot 20 = 4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Робоча точка підживлювального насосу системи опалення

$$G_H^0 = 4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, p_{\text{жн}}^0 \geq 20,51 \text{ м. вод. ст.}$$

З врахуванням отриманих результатів можна обрати насос типу Wilo Yonos PICO-Z 25/0,5-6 180 з продуктивністю насосу $G_H^0 = 4 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ і напором до 60 мм. вод. ст. Насос буде встановлені за принципом як і циркуляційні один основний інший резервний.



Рисунок 4.2 - Підживлювальний насос Wilo Yonos PICO-Z 25/0,5-6 180

4.3. Розширювальний бак

Кожна система гідравлічного опалення повинна мати розширювальний бак оскільки при нагріванні рідини (в нашому випадку вода) відбувається збільшення об'єму, що призводить до зростання тиску який може пошкодити трубопровід чи обладнання, тоді як розширювальний бак, приймає на себе тимчасову рідину що і захищає нашу систему.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

У замкнутому контурі прийнято використовувати мембранні розширювальні баки закритого типу, оскільки нам не потрібно постійно контролювати рівень води. Коли температура носія підвищується і його об'єм зростає, мембрана прогинається в напрямку повітряної камери, що зменшує надлишковий тиск в системі.

Початковий тиск у повітряній камері встановлюється відповідно до розрахункових параметрів систем. Для регулювання тиску в самому баку його обладнують ніпелем – це клапан для нагнітання повітря.

Оскільки бак герметичний то це виключає контакт теплоносія з навколишнім середовищем.

4.3.1. Визначення об'єму води

Загальний об'єм води, яка циркулює в системі, м³ визначається за формулою:

$$V_a = \beta \cdot N_{\text{оп.пр}} \cdot n_{\text{буд}} \cdot V_{\text{оп.пр}} \quad (4.7)$$

де: β – коефіцієнт, що враховує об'єм води у падаючих та зворотних трубопроводах (приймаємо $\beta = 1,5$);

$N_{\text{оп.пр}}$ – кількість нагрівальних приладів у будинку;

$V_{\text{оп.пр}}$ – середній об'єм опалювального приладу (для старих чавунних радіаторів 18-2 л на одну секцію, радіатори мають 9 секцій)

Тоді:

$$V_a = 1,5 \cdot 286 \cdot 0,0018 = 7,72 \text{ м}^3$$

Об'єм розширення (об'єм рідини, яка виникає при зміні температури)

$$\Delta V_a = \beta \cdot \Delta t \cdot V_a \quad (4.8)$$

де β – середній коефіцієнт об'ємного розширення води = 0,0006

$$\Delta V_a = 0,0006 \cdot (95 - 65) \cdot 7,72 = 0,14 \text{ м}^3$$

Об'ємні рідини яка при мінімальній температурі системи залишається в розширювальному баці, м³

$$V_v = \frac{V_a \cdot 0,5}{100} \quad (4.9)$$

$$V_v = \frac{7,72 \cdot 0,5}{100} = 0,0386 \text{ м}^3$$

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

4.3.2 Мінімальний об'єм розширювального баку

$$V_{min} = (\Delta V_a + V_v) \cdot \frac{p_e + 10}{p_e - p_0} \quad (4.10)$$

де: p_0 – тиск газу, у розширювальному баку за відсутності тиску води, приймається 30 м. вод.ст;

p_e – тиск середовища в системі опалення, приймається рівним 40 м. вод.ст

$$V_{min} = (0,14 + 0,0386) \frac{40 + 10}{40 - 30} = 0,893 \text{ м}^3$$

За отриманих результатів можна поставити бак Reflex N300 загальним б'ємом 1000 м²



Рисунок 4.3 – Розширювальний бак Reflex N300

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

4.4 Вибір регулюючого клапану

Клапан складається з корпусу 10, у якому розташовується золотник (тарілка) 11 з прокладкою 12. Золотник через шток 5 підпружинено пружиною 8, розташованої в "стакані" 6, який захищає пружину від зовнішніх впливів. За допомогою регулювальної втулки 3 з запірною гайкою 4 можна регулювати ступінь попереднього стискання пружини, змінюючи положення упорної шайби 7. Втулка примусового відкриття 2 взаємодіє з хвилеподібною поверхнею торця регулювальної втулки 3, забезпечуючи можливість примусового стиснення пружини. Втулка 2 утримується на штоку парною гайкою 1. Перевищення тиску налаштування викликає стиснення пружини і відкриття золотника зі скиданням середовища через вихідний патрубок. Тарілка золотника 11 центрується за допомогою хрестоподібної направляючої 13. Між "стаканом" і корпусом розташована ущільнююча прокладка 9. [8]

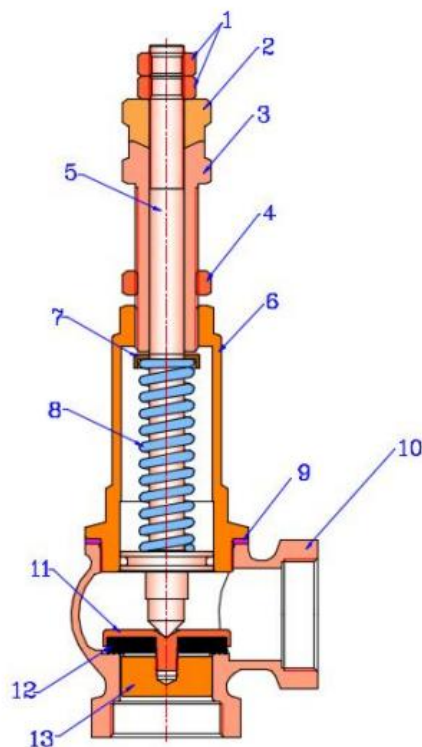


Рисунок 4.4 Схематичне зображення регулюючого клапану

Уа підставі розрахунків для графіка опалення 150/70 °С якості регулюючого клапану обираю обрати VALTEC VT.1831

Також в таблиці 4.1 буде зазначено з чого вироблені деталі клапану

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Таблиця 4.1 – Матеріали основних деталей

Позиція	Деталь	Матеріал
1	Гайки кріплення «підривної втулки»	Латунь CW614N
2	Втулка примусового відкриття	
3	Регулювальна втулка	
4	Запірна гайка	
5	Шток	
6	«Стакан»	1/2“-1” Латунь CW617N Більше 1 “-бронза БрОЦС5-5-5
7	Упорна шайба	Латунь CW614N
8	Пружина	Сталь оцинкована С72
9	Прокладка	Тефлон РТЕЕ
10	Корпус	1/2“-1” Латунь CW617N Більше 1 “-бронза БрОЦС5-5-5
11	Тарілка золотника	Латунь CW614N
12	Прокладка золотника	FPM (вітон)
13	Хрестовина	Латунь CW614N

Розрахунок буде проводитись на температурний графік 150/70 оскільки клапан встановлюється на подавальному трубопроводі первинному контурі перед входом у теплообмінник

Розрахунок починаємо з необхідної пропускної спроможності клапану за формулою 4.11:

$$K_v = \frac{G^{max}}{\sqrt{0,3}} \quad (4.11)$$

де G^{max} – максимальні витрата теплоносія в системі опалення м³/год

$$K_v = \frac{1,73}{\sqrt{0,3}} = 3,16 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Розраховуємо фактичну витрату тиску на клапані за формулою 4.12:

$$\Delta P_{\text{кл}} = 10 \cdot \left(\frac{G^{max}}{K_{vs}} \right)^2 \quad (4.12)$$

де K_{vs} – максимальна пропускна здатність клапана обирається з паспортних даних, клапана [8].

$$\Delta P_{\text{кл}} = 10 \cdot \left(\frac{3,16}{10} \right)^2 = 0,99 \text{ м. вод. ст}$$

Розраховуємо ступінь відкриття клапану за формулою 4.13:

$$X_p = 100 \cdot \frac{K_v}{K_{vs}} \quad (4.13)$$

$$X_p = 100 \cdot \frac{3,16}{10} = 31,6\%$$

Розраховуємо швидкість потоку через клапан:

$$v = \frac{G^{max}}{F_{\text{кл}} \cdot 3600} \quad (4.14)$$

де $F_{\text{кл}}$ – переріз клапана м² приймається за паспортними даними [8]

$$v = \frac{1,73}{0,00049 \cdot 3600} = 0,98 \text{ м/с}$$

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

4.5 Розрахунки клапану регулятора перепаду тиску

Для характеристик об'єкту що розглядається обираємо регулятор тиску «LDM» RD 122V/T що характерно для будівель не вище п'яти поверхів

Розрахунок клапану регулятора перепаду тиску за формулою (4.11)

$$K_v = \frac{1,73}{\sqrt{0,3}} = 3,16 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Фактична втрата тиску на клапані (4.12):

$$\Delta P_{\text{кл}} = 10 \cdot \left(\frac{3,16}{10} \right)^2 = 0,99 \text{ м. вод. ст}$$

Ступінь відкриття клапану визначаємо за формулою (4.13):

$$X_p = 100 \cdot \frac{3,16}{10} = 31,6\%$$

Швидкість потоку через клапан визначаємо за формулою (4.14):

$$v = \frac{1,73}{0,00049 \cdot 3600} = 0,98 \text{ м/с}$$

Визначення максимально допустимого перепаду тиску на клапані:

$$\Delta P_{\text{max}} = Z \cdot (P_1 - P_2) \quad (4.15)$$

де Z – коефіцієнт безпеки, що враховує тип клапана та умови роботи. За паспортними даними приймаємо рівним 0,6 [8]

P_1 - тиск у подавальному трубопроводі, кгм/см;

P_2 - тиск у зворотному трубопроводі, кгм/см.

$$\Delta P_{\text{max}} = 0,6 \cdot (4 - 2,5) = 0,9 \frac{\text{кгм}}{\text{см}}$$

В результаті розрахунків обираю Регулятор перепаду тиску автоматичний фірми «LDM» RD 122V/T DN 25, PN16 ($Kvs=10,0$ м³/год), діапазон регулювання 0,3-2,1 бар, що встановлюється на подавальному трубопроводі мережної води.



Рисунок 4.5 - Регулятор перепаду тиску

4.6 Висновки до розділу 4

У цьому розділі було проведено розрахунок та технічно обґрунтований вибір допоміжного обладнання для індивідуального теплового пункту. З урахуванням теплового навантаження, витрати теплоносія та гідравлічного опору системи здійснено підбір ключових компонентів, що забезпечують стабільну та ефективну роботу опалювального контуру.

Зокрема, розраховано та обрано циркуляційний насос Emaux SC100, який відповідає заданим параметрам витрати та напору. Для підживлення системи та компенсації втрат теплоносія передбачено установку підживлювального насоса Wilo Yonos PICO-Z 25/0,5-6 180, що забезпечує необхідну продуктивність і тиск у контурі.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Крім того, визначено параметри та підбрано відповідну модель розширювального бака — Reflex N300, яка забезпечує компенсацію температурного розширення рідини та підтримку стабільного тиску в системі опалення.

З метою підтримання оптимального тиску та забезпечення надійної роботи обладнання, у склад ІТП також включено регулятор тиску LDM RD 122V/T DN 25, PN16, який дозволяє стабілізувати параметри теплоносія в системі в умовах змін зовнішніх навантажень. Для ручного регулювання витрати теплоносія передбачено встановлення регулювального клапана VALTEC VT.1831, який забезпечує точне налаштування та балансування гідравлічного режиму.

Таким чином, за результатами розрахунків сформовано доцільну конфігурацію допоміжного обладнання для ІТП, яка забезпечує його безпечну, ефективну та надійну експлуатацію в умовах заданого навантаження.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці — це сукупність норм і дій, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці та збереження життя і здоров'я працівників у процесі виконання ними професійних обов'язків. Вона включає правові, соціально-економічні, технічні, санітарно-гігієнічні, профілактичні, реабілітаційні та інші заходи, що мають на меті створення безпечного виробничого середовища.

В сфері теплоенергетики дана система забезпечує регулярний моніторинг

У цьому розділі дипломного проекту наведено пропозиції щодо технічних рішень та організаційних заходів, спрямованих на виконання вимог з охорони праці під час експлуатації обладнання, передбаченого для реконструкції теплового пункту загальноосвітньої школи №64. Також визначено основні заходи, пов'язані з виробничою санітарією та гігієною праці, а також питання пожежної безпеки і профілактики.

5.1 Загальна характеристика об'єкту та визначення робіт

Завданням дипломної роботи є реконструкція індивідуального теплового пункту школи №64 м.Київ. Індивідуальний тепловий пункт це – комплекс інженерного обладнання, призначений для забезпечення ефективного використання теплової енергії в окремій будівлі. При розрахунку теплових втрат будівлі та теплового навантаження на систему опалення було зроблено висновок що поточний тепловий пункт не може перекрити потреби на мінімальні санітарні вимоги згідно [10]

На даних підставах було прийнято рішення заміни системи опалення будівлі з залежної схеми на незалежну схему що включає в себе встановлення теплообмінника і допоміжного обладнання. Дана система допоможе не тільки

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

виконати вимоги стандарту [10], також збільшить рівень енергетичної ефективності будівлі завдяки системі автоматичного регулювання

Знаходиться ІТП в підвальному приміщенні школі в окремо виділеній кімнаті розміром (23,67x5,52x2,4)

Інформацію про тепловий пункт описано в таблиці 5.1, а про його технічні характеристики в таблиці 5.2

Таблиця 5.1 – загальна характеристика індивідуального теплового пункту

Назва ТЕУ	Тип розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електричної частини	Категорія пожежної частини
1	2	3	4	5
ІТП (Індивідуальний тепловий пункт)	Внутрішня	Приміщення будівлі	Без підвищеної небезпеки	Д

5.2. Визначення обсягу та послідовності робіт

5.2.1 Обсяг робіт

При модернізації Індивідуального теплового пункту ми повинні враховувати чинники які можуть на пряму будуть впливати на робочій процес на об'єкті основними з таких можна виділити:

5.2.2. Освітлення

- Освітлення: в підвальному приміщенні де розташований ІТП відсутнє природне світло, а зі штучного лише два світильника на лампах розжарювання чого не достатньо потрібно розрахувати необхідну кількість ламп для комфортної роботи

- Фактори ризику спричинені поганим освітленням:

Травмонебезпечні ситуації: - Недостатній рівень освітлення збільшує шанс на падіння через непомітні перешкоди, порізи та проколів, неправильно. Неправильно закріплена чи встановлена певна деталь. Погіршення зору та

зорового перенапруження

Спосіб зменшення факторів ризику полягає в заміні системи освітлення робочої зони на ту яка буде повністю покривати потреби в освітленості. Спершу треба визначити площу приміщення

$$F_{\text{п}} = 23,67 \cdot 5,52 = 130,7 \text{ м}^2$$

Згідно стандарту [9] для технічних підвальних приміщень рекомендовано 200 люкс. Отже загальна кількість люменів на всю кімнату буде дорівнювати:

$$130,7 \cdot 200 = 26140 \text{ лм}$$

Тепер коли ми отримали необхідну кількість люменів потрібно підібрати світильники. Оскільки приміщення має низьку стелю доцільно буде використовувати накладі світлодіодні світильники з високим ступенем захисту. Серед таких світильників обираю світильник Євросвітло LED-SS-300-24 24W зі світловим потоком 1920 лм. Визначимо необхідну кількість світильників

$$\frac{26140}{1920} = 13,6 \approx 14 \text{ шт}$$

Розташування світильників буде рівномірне за по всій площі стелі, щоб уникнути сліпих зон.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Таблиця 5.2 - Технічні показники ТЕУ та ЕУ

Найменування	Основні характеристики	Число значення показника
1	2	3
Теплообмінник марки Alfa Laval T6	Теплова потужність установки	600 кВт
	Розрахунковий тиск	10 бар
	Поверхня теплообміну однієї пластини	0,188
	Розміри	0,89x0,32x0,14 м
	Вага	62 кг
Циркуляційний насос Wilo-Yonos MAHO 40/0,5-8 PN 6/10	Висота подачі	8,5 м
	Подача	18,1 м ³ /год
	Електрична Потужність	230 Вт
	Номінальний струм	1,33 А
Підживлювальний насос Wilo Yonos PICO-Z 25/0,5-6 18	Робочий тиск	10 бар
	Номінальна потужність електродвигуна	30 Вт
Розширювальний бак Reflex N300	Об'єм баку	1000 м ²

5.2.3. Вентиляція

Відсутність вентиляції є дуже небезпечним фактором який потрібно виправити потрібно підібрати штучну вентиляцію для підтримання комфортних умов

Серед основних факторів ризику можу виділити

Зниження концентрації кисню, що буде викликати дискомфорт при роботі працівників. Погіршення роботи насосів оскільки двигуни будуть сильно перегріватись від роботи системи, дотримання санітарних норм вимагає дотримання кратності повітрообміну в технічних приміщеннях не менше 3

Тепер проведемо розрахунок, спершу визначимо об'єм приміщення

$$23,67 \cdot 5,52 \cdot 2,4 = 313,3\text{м}^3$$

Згідно [10] для котельнь/теплопункту кратність повітрообміну складе 4 з цього тепер потрібно визначити кількість інфільтрованого повітря за формулою:

$$L = n \cdot V = 4 \cdot 313,3 = 1253,2 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Отже тепер потрібно підібрати вентиляційну установку і я пропоную використати каналний вентилятор Systemair K 160 M з продуктивністю до 1300 м³/год та потужністю 120 Вт. Даний вентилятор зможе повністю забезпечити будівлю чистим повітрям.

5.3. Кваліфікація робочого персоналу

Для проведення робіт залучаються лише висококваліфіковані спеціалісти, з належною освітою та досвідом роботи. Робоча команда повинна становити не менше 3 осіб які повинні провинути пройти ознайомчий курс з техніки безпеки і мати групу з електробезпеки не нижче III

Інакше це може викликати певні фактори ризику:

- Неправильний монтаж обладнання – група яка не розуміє свого завдання може неправильно зібрати теплообмінник чи всю систему що буде становити пряму загрозу життю як їх так і в подальшому персоналу шклои.

- Недотримання техніки безпеки, можуть ігнорувати правило працювати з ЗІЗ (засобами індивідуального захисту)

Коли ми розібрали основні фактори впливу на роботу працівників занесемо основні тези в таблицю 5.3

						ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
							55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис				

теплового пункту (ІТП) необхідно враховувати вимоги ряду нормативних документів, які регламентують правила електробезпеки. Зокрема, слід керуватися ПУЕ-2017, НПАОП 40.1-1.21-98, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.32-01, а також ДСТУ 7237:2011 та Технічним регламентом щодо безпеки низьковольтного електричного обладнання (постанова Кабміну №1149 від 23.10.2009). Також важливим є дотримання вимог ДСТУ Б В.2.5-82:2016, що визначає захисні заходи електробезпеки в електроустановках будівель і споруд.

Для забезпечення захисту людей від випадкового дотику до струмовідних частин електричних установок (ЕУ) відповідно до ДСТУ 7237:2011 застосовуються різні методи захисту:

- Ізоляція струмовідних частин – Всі кабелі живлення насосів та штучної вентиляції повинні мати заводську подвійну або підсилену ізоляцію, що виключає прямий контакт із провідниками за нормальних умов експлуатації

- Використання огорожень і оболонок: - усі електричні пристрої (електродвигуни, автоматика, вентиляція) повинні бути розміщені у герметичних корпусах із класом захисту не нижче IP44-IP54

- Розміщення струмовідних частин поза досяжністю

Контактні частини або елементи керування що не мають додаткового захисту повинні бути розміщені на висоті не менше 2,5 м, або знаходитись в ізольованих шафах захищені від посторонніх осіб

- Автоматичне вимкнення живлення: В щиті керування передбачено:

- Автоматичні вимикачі з тепловим і струмовим захистом;
- Пристрій захисного вимикання (ПВЗ) з чутливістю не більше 30 мА для швидкого розриву кола при виникненні струмів витоку

- Організаційні заходи: До обслуговування електрообладнання допускаються лише особи з відповідною кваліфікаційною групою з електробезпеки (не нижче II), які пройшли інструктаж і допуск до роботи в електроустановках до 1000 В.

З метою захисту персоналу від ураження електричним струмом при дотику до металевих конструктивних елементів частин, що можуть бути під

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

напругою через пошкодження ізоляції, використовуються такі методи захисту, як окремо, так і в комбінації:

- Заземлення металевих корпусів: корпуси електродвигунів для насосів, вентиляційної установки, а також щита керування повинні обов'язково заземлити. Заземлення виконується мідними або сталевими провідниками, які підключаються до контуру захисного заземлення будівлі. Опір не повинен перевищувати нормативні значення згідно вимогам ПУЕ та [11]

- Розділення електроживлення У разі потреби (наприклад, для окремих ліній живлення контролерів або сигналізації), застосовуються роздільні трансформатори, які забезпечують гальванічну розв'язку мережі та зменшують ризики ураження

Усе технологічне та електротехнічне обладнання, передбачені проектом автоматизації та силового електротехнічного устаткування, повинні експлуатуватися в межах параметрів визначених у технічній документації виробника.

Згідно до вимог електробезпеки, усе електроустаткування системи опалення має відповідати I класу відповідно до [12]. В ту саму чергу засоби автоматизації (блоки контролерів, екранні пристрої, давачі, виконавчі пристрої, блоки живлення та ін.) мають відповідати класам I, II та III в залежності від призначення в конструкції.

5.5 Підбір засобів індивідуального захисту

Для забезпечення безпеки для робочого персоналу потрібно забезпечити особистим захистом до якого входить: шолом, окуляри, навушники, респіратор, рукавички, взуття, та одяг. Це необхідно для забезпечення безпеки життя працівників і зменшення ризику травми. Так як підвали часто характеризуються обмеженим простором, підвищеним рівнем вологості та великою наявністю шкідливих речовин то робоча спеціалізована форма потрібна обов'язково. Далі буде наведено перелік потрібних речей:

1) Захисна каска модель: Delta Plus Venitex Diamond V

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

- За призначеннями ця каска призначення для захисту голови та обличчя

- Термін служби: 5 років

2) Захисні окуляри моделі: Soft vision 2820

- Захист очей від пилю, металевих шматків іскор під час різання, сварки,

- Термін роботи: до 2 років

3) Захисні навушники модель: 3M Peltor Optime I H510A

- Дані навушники призначені для захисту вух від шкідливого звуку

- Термін роботи: 3 роки

4) Респіратор: моделі 3M 6200

- Респіратор призначений для захисту дихальних шляхів працівників від шкідливих викидів від газів чи пилю

- Термін роботи 1 рік

5) Захисний одяг модель: KONKORD-JB SB

- Захисні робочі комбінезони призначенні для захисту тіла від удару та царапин при роботі з металом

- Термін служби: 1-2 роки

6) Захисні рукавиці модель: Cutprotect gb

- Основне завдання рукавиць зберегти руки працівників від порізів та при монтажі трубпроводів та запірної арматури.

- Термін служби: до 5 місяців

7) Захисне взуття моделі: Austin

- Завдання спеціального робочого взуття полягають в захисті ніг робітників від пошкоджень таких як удар при падінні предметів

- Термін служби: до 2-3 років

5.6 Пожежна безпека

Монтаж індивідуального теплового пункту (ІТП) потребує впровадження комплексу заходів, спрямованих на запобігання виникненню

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

пожежонебезпечних та вибухонебезпечних ситуацій та мінімізації потенційних ризиків і наслідків у разі їх виникнення:

1. Перевірка електрообладнання: До початку встановлення ІТП необхідно здійснити ретельну перевірку стану електричних щитів 0,4 кВ, електричних насосів, засобів обліку електроенергії, а також електричних мереж і приладів. Це дозволить виявити потенційні дефекти чи перегріву, які можуть стати причиною пожежі.

2. Використання негорючих матеріалів: Встановлення ІТП повинно здійснюватися з використанням тільки негорючих матеріалів. Наприклад, варто застосовувати прорезинені коврики та негорючі ізоляційні матеріали, зокрема ізоляційну стрічку типу САЗ для трубопроводів, електричних кабелів і інших компонентів, щоб уникнути можливості загоряння.

3. Постійний контроль за джерелами спалаху: Забезпечення постійного моніторингу можливих джерел спалаху є важливим заходом. Для цього можна використовувати переносні датчики диму та вогню [13], а також дотримуватися вимог щодо відсутності джерел іскрового розряду поблизу робочих місць.

4. Встановлення вогнегасників: Для негайного реагування у разі виникнення пожежі на робочих місцях слід розглянути можливість встановлення вогнегасників типу ВП-1 [14], що дозволить оперативно ліквідувати вогнище загоряння.

5. Навчання та інструктажі: Всі працівники, залучені до монтажу ІТП, повинні пройти навчання та інструктажі з питань протипожежної безпеки, а також освоїти правила евакуації у разі надзвичайної ситуації.

Для забезпечення пожежної безпеки на енергетичних об'єктах необхідно мати належне обладнання для гасіння пожеж, зокрема вогнегасники та інший пожежний інвентар. Дотримання норм техніки безпеки на всіх етапах проектування, будівництва та експлуатації є надзвичайно важливим. У разі виникнення пожежі або вибуху повинні бути вжиті термінові технічні та організаційні заходи для негайного реагування.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

5.7 Висновок до розділу 5

В рамках розділу ми розглянули потенційні небезпечні фактори і ситуації що можуть виникати при реконструкції індивідуального теплового пункту, розташованого в підвальному приміщенні

Було розглянуто основні виробничі небезпеки характерні для ІТП з них це: ураження електричним струмом, тепловий дискомфорт, недостатнє освітлення, накопичення вологи та продуктів зносу обладнання.

Проведений комплекс заходів з електробезпеки який включає в себе захист від прямого та непрямого дотику, описані методи захисту від цих двох випадків

Встановлені норми та вимоги від робочого персоналу

Проведено розрахунок освітлення кімнати та здійснений підбір світильників

Загальна площа приміщення — 130,7 м².

Відповідно до норм ДБН В.2.5-28:2006, прийнято нормовану освітленість 200 лк.

Розрахункова світлова потреба — 26 140 лм.

Вибрано 14 LED-світильників потужністю 18 Вт із світловим потоком 1920 лм (модель Євросвітло LED-SS-300-24 24W), які забезпечують необхідний рівень освітлення з урахуванням рівномірного розміщення.

Було розраховано необхідний рівень вентиляції в приміщенні і була обрана вентиляційна система яка задовольняє вимоги

Тому можна сказати що в проекті реалізовано повноцінну систему технічних та організаційних заходів, що забезпечує безпечну експлуатацію ІТП

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

ВИСНОВКИ

У межах дипломного проєкту було виконано комплексне технічне обґрунтування реконструкції індивідуального теплового пункту будівлі закладу освіти. Метою роботи було підвищення енергоефективності, надійності та функціональності системи тепlopостачання за рахунок модернізації обладнання та оптимізації теплотехнічних параметрів системи. 2 циркуляційних насоса марки Emaux SC100

На першому етапі було проведено розрахунок теплового навантаження будівлі згідно з методикою ДСТУ EN 12831, яка передбачає урахування кліматичних характеристик регіону, типу та опору огорожувальних конструкцій, а також функціонального призначення приміщень. У процесі розрахунків визначено питомі тепловтрати через основні конструктивні елементи — зовнішні стіни, покрівлю, підлогу на ґрунті, вікна, двері та конструкції, що межують із неопалюваними просторами. Значну частку в загальному балансі тепловтрат становлять вентиляційні втрати, що пов'язано з особливостями експлуатації навчального закладу. Загальна потреба в тепловій енергії для опалення становить 429,5 кВт, що є ключовим показником для подальшого технічного проєктування. Додатково визначено щорічне енергоспоживання системи опалення, яке склало близько $3,13 \cdot 10^6$ МДж, що дозволяє оцінити ефективність та прогнозовані витрати на експлуатацію теплового пункту.

На другому етапі було здійснено розрахунок теплового навантаження будівлі згідно з методикою стандарту ДСТУ EN 12831. Враховано кліматичні умови м. Київ, теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, геометричні параметри будівлі та режим експлуатації приміщень. Розрахункові втрати тепла через зовнішні стіни становлять понад 2300 Вт/К, через дах — понад 2600 Вт/К, а також визначено втрати через підлогу, вікна та неопалювані зони. Вентиляційні тепловтрати виявилися істотними і склали майже дві третини від загальних витрат. У результаті загальне теплове навантаження

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

будівлі визначено на рівні 429,5 кВт, а річне енергоспоживання системи опалення становить приблизно $3,13 \cdot 10^6$ МДж/рік. Ці показники стали основою для подальшого підбору обладнання тепlopункту.

У третьому розділі виконано теплотехнічний та гідравлічний розрахунок пластинчастого теплообмінника. Для забезпечення теплопередачі в заданих умовах було обрано модель ТМО Alfa Laval Т6 із площею поверхні теплообміну 6,32 м². За результатами розрахунку обрано конфігурацію з 34 пластинами типу Р (висота гофри 3 мм), яка забезпечує ефективний тепловий обмін при заданому температурному графіку. Гідравлічний розрахунок дозволив визначити втрати тиску у теплообміннику та забезпечити коректний підбір насосного обладнання.

У четвертому розділі здійснено вибір допоміжного обладнання для забезпечення безперебійної та стабільної роботи ІТП. Зокрема, для циркуляції теплоносія обрано насос Emaux SC100, який забезпечує необхідний об'єм подачі при заданому гідравлічному опорі. Для підживлення системи у випадках втрат теплоносія або при запуску в експлуатацію передбачено насос Wilo Yonos PICO-Z 25/0,5-6 180. Також на основі об'ємного розрахунку теплоносія обрано розширювальний бак Reflex N300, який компенсує температурне розширення рідини та стабілізує тиск у системі.

Проведений технічний аналіз підтверджує доцільність реконструкції ІТП та впровадження нового обладнання. Реалізація запропонованих заходів дозволяє значно покращити енергоефективність тепlopостачання, зменшити експлуатаційні втрати, забезпечити надійність системи, а також створити комфортні температурні умови у приміщеннях відповідно до нормативних вимог.

Таким чином, поставлені у дипломному проєкті завдання були успішно реалізовані: проаналізовано існуючий стан систем тепlopостачання, проведено точні теплотехнічні розрахунки, обґрунтовано вибір сучасного теплообмінного та допоміжного обладнання, що в комплексі створює основу для впровадження ефективної та безпечної системи тепlopостачання будівлі.

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж. Будівельна кліматологія. – Чинний від 2011 – 11 – 01 Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. - 123 с.

2 ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT). – Чинний від 15.12.2017

3 Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с

4 Каталог розбірного пластинчатого теплообмінника Alfa Laval T6 <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/gasketed-plate-and-frame-heat-exchangers/industrial/alfa-laval-t6.pdf>

5 Исаченко В.П. Теплопередача. Учебник для вузов, Изд. 3-е, перераб. и доп. / В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С.Сукомел. – М.: Энергия, 1975. – 488 с.

6 Водогрійні котельні для систем децентралізованого та помірнo-централізованого теплопостачання [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,021 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 170 с.

7 В.І.Сахарчук Теплообмінні апарати. Конструювання і розрахунок. – Львів: Видавництво ЛП, 2012.

8 Каталог клапан запобіжний , малопідйомний, пружинний, регульований, прямої дії, муфтовий, з можливістю ручного відкриття («продувки»)

<https://www.valteckiev.com.ua/image/data/Sertifikaty/Obgimnye/Паспорт/passport/VT.1831-0617-UKR.pdf>

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

9 Шевчук Т.І., Савченко М.Ф., Сисоєв В.І. «Тепломасообмін: розрахунки і задачі»– Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2011. – 280 с.

10 ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»

11 ДСанПіН 3.3.2-007-98 (гігієнічні нормативи освітлення для робочих місць)

12 ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування

13 ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

14 ДСТУ EN 61140:2015 Захист проти ураження електричним струмом. Загальні аспекти щодо установок та обладнання

15 ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;

16 ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту»;

					ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис			

ДОДАТОК А

Перевірка дипломного проєкту на академічну доброчесність



Дата звіту 6/9/2025
Дата редагування 6/9/2025

Документ прийнятий

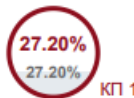
Звіт подібності

метадані

Назва організації
National Technical University of Ukraine Igor Sikorskyi Kyiv Politech Institute
Заголовок
Реконструкція теплового пункту загальноосвітньої школи №64 у м.Київ
Автор Науковий керівник / Експерт
Зубко Віталій Білоус Інна
підрозділ
IATE, К-ра теплової та альтернативної енергетики

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



10

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

7409

Кількість слів

56593

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	Б	22
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	␣	1
Білі знаки	␣	0
Парафрази (SmartMarks)	a	155

						ДПБ 25 144 03 04 ПЗ	Арк.
							67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис				

