

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
інженерії енергосистем
(назва кафедри)

к.т.н., доцент _____ Є.О. Антипов
(підпис)

„___” _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
КОМУНАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ
ПОПЕРЕДНЬОІЗОЛЬОВАНИХ ТРУБ»**

02.03 – КР. 2514 "С" 2025.10.24 002 ПЗ

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

О.В. Шеліманова

(ПІБ)

Керівник бакалаврської

кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

Є.О. Антипов

(ПІБ)

Виконав

(Підпис)

Р.Д. Одинченко

(ПІБ студента)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ,
АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
інженерії енергосистем

доцент, к.т.н. _____ / Є.О. Антипов/
(підпис)

« _____ » 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Одинченку Руслану Дмитровичу

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»

Тема кваліфікаційної роботи: «Реконструкція системи теплопостачання комунального закладу із використанням попередньоізольованих труб», затверджена наказом ректора НУБіП України від 24.10.2025 № 2514 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 30.05.2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи

«Державні будівельні норми».

«Завдання на проєктування»

Перелік питань, які необхідно розробити (назви розділів)

1. Загальна характеристика об'єкта проєктування.
2. Розрахунок теплових навантажень.
3. Визначення енергоспоживання на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення.
4. Модернізація теплової мережі.

Дата видачі завдання 27.10.2025 р.

Керівник
бакалаврської кваліфікаційної роботи

/Є.О. Антипов/

Завдання прийняв до виконання

/Р.Д. Одинченко/

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	8
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	8
1.1. Основні відомості про навчальний заклад	8
1.2. Основні кліматичні особливості регіону	11
Висновки по розділу 1	12
РОЗДІЛ 2	12
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	12
2.1. Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі	12
2.2. Розрахунок суміщеного покриття	15
2.3. Величини нормативних $R_{g \min}$ та розрахункових R_{Σ} показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій.	18
2.4. Коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівель	19
2.5. Об'ємно-планувальні характеристики	19
2.6. Визначення показників теплостійкості.....	20
2.7. Визначення показників повітропроникності.....	23
2.8. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій	24
Висновки по розділу 2	26
РОЗДІЛ 3	27
ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЮ, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ.....	27
3.1. Опис будівлі.....	27
3.2. Зонування будівлі при розрахунку	28
3.3. Характеристика передачі трансмісією	28
3.4. Характеристики теплопередачі вентиляцією	29
3.5. Характеристики внутрішніх теплонадходжень	30
3.6. Характеристики сонячних теплонадходжень.....	30
3.7. Динамічні параметри	31
3.8. Внутрішні умови	32

3.9. Енергопотреби для опалення та охолодження	32
3.10. Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів	33
3.11. Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення).....	33
3.12. Загальне енергоспоживання при опаленні	33
3.13. Додаткова енергія для опалення.....	34
3.14. Загальне енергоспоживання при охолодженні	34
3.15. Додаткова енергія при охолодженні	35
3.16. Загальне енергоспоживання систем вентиляції	35
3.17. Енергопотреби та енергоспоживання ГВП	35
3.18. Енергоспоживання при освітленні	37
3.19. Вимоги до показника енергоефективності	39
Висновки по розділу 3	40
РОЗДІЛ 4	41
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ	41
4.1. Гнучкі попередньоізольовані труби виробництва AustroISOL	41
4.2. Сфери використання	42
4.3. Переваги та вигідність прокладки попередньоізольованих труб.....	43
4.4. Термін служби теплоізольованих труб	44
4.5. Попередньо ізольовані труби – рішення при прокладанні мереж теплопостачання	46
4.6. Модернізація системи теплопостачання.....	47
Висновки по розділу 4	59
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61

ВСТУП

Починаючи з 2002 року, в Україні створена і постійно вдосконалюється нормативна база, яка регламентує застосування в зовнішніх мережах попередньо ізольованих трубопроводів (ПІТ) зі сталі і полімерних матеріалів як українського, так і європейського виробництва.

На сьогоднішній день, існує ряд технологій, за якими виготовляються ПІТ для теплотрас - в основному застосовується теплова ізоляція у вигляді піни з поліуретану (PUR) і поліізоціанурата (PIR).

Ізоляція PUR має ряд переваг – низьку теплопровідність, високу адгезію до поверхні труби, високу механічну міцність. Піна з поліуретану на 92% складається з порожнин, заповнених сумішшю газів і на 8% з твердого полімеру, що утворює стінки між комірками піни. Розмір комірок залежить від застосованого спінюючого агенту, який також впливає на теплоізоляційні властивості пінополіуретану. Чим менше розмір порожнини, тим менш інтенсивний радіаційний теплообмін між сусідніми комірками. У той же час, чим нижче щільність піни, тим нижче теплопровідність через структуру полімеру.

На окрему увагу заслуговує питання вибору спінюючого агенту, що застосовується при виробництві спіненої теплової ізоляції PUR. На сьогоднішній день в ролі спінюючого агенту для теплової ізоляції ПІТ використовуються циклопентан, вода і гідрохлорфторвуглеці (HCFC), які не несуть серйозної загрози для навколишнього середовища.

Таким чином, *мета роботи* полягає у реконструкції системи теплопостачання комунального закладу із використанням попередньоізольованих труб.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі *задачі*:

- вивчити особливості будівлі ДНЗ «Чебурашка» та кліматичних характеристик регіону розташування об'єкту проектування;
- провести розрахунок теплового навантаження об'єкту проектування та обґрунтувати необхідність підвищення ефективності процесу енергопостачання будівлі ДНЗ «Чебурашка»;

- визначити помісячні та річні показники енергопотреб на опалення, гаряче водопостачання та охолодження будівлі ДНЗ;
- здійснити техніко-економічне обґрунтування ефективності реконструкції системи теплопостачання комунального закладу із використанням попередньоізольованих труб.

Об'єкт дослідження – ДНЗ «Чебурашка» м. Полтава.

Предмет дослідження – система енергопостачання будівлі ДНЗ «Чебурашка» із використанням попередньоізольованих труб.

Методи дослідження – аналітичний огляд та інженерний розрахунок системи енергопостачання будівлі ДНЗ «Чебурашка» із використанням попередньоізольованих труб.

У роботі розглянуто питання теплотехнічного розрахунку системи енергозабезпечення навчального закладу. Запропоновано здійснити перехід від використання металевих трубопроводів теплових мереж до використання попередньоізольованих труб в системі теплозабезпечення дошкільного навчального закладу.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1. Основні відомості про навчальний заклад

Полтавський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) комбінованого типу №6 «Чебурашка» Полтавської міської ради Полтавської області по вул. Миру, 8 призначений для дошкільного виховання дітей різних вікових категорій, їх комфортного перебування та проведення спортивних занять.

Генеральний план розроблено згідно завдання на проектування та з врахуванням вимог ДБН 360-92**.

При розробці проекту була використана топографічна підоснова, розроблена ТОВ «НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ПРОЕКТНО-ВИШУКУВАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ «ПОЛТАВАГРОПРОЕКТ» в 2017 році масштаб 1 : 500.

Проїзд для пожежних машин до будівлі – шириною 3,5 м. Система транспортних під'їздів та підходів до будівлі, що проектується, сполучена з існуючим міжквартальним проїздом з вул. Миру. Рішення генерального плану забезпечують проїзд пожежних машин вздовж будинку та під'їзд обслуговуючого автотранспорту. На території об'єкта проектування існує майданчик маневрування транспорту.

Проект розроблений для наступних кліматичних умов:

- архітектурно-будівельний кліматичний район – І (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010);
- розрахункова температура зовнішнього повітря забезпеченістю 0,92 – мінус 23 °С (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010);
- характеристичне значення снігового навантаження – 1450 Па (ДБН В.1.2-2.2006);
- характеристичне значення вітрового навантаження – 470 Па (ДБН В.1.2-2.2006);
- нормативна глибина промерзання ґрунту – 1,0 м.

За відмітку 0,000 прийнято підлога першого поверху.

Рівень відповідальності за ДБН В.1.2-14-2009 – СС2.

Ступінь вогнестійкості споруди – II.



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд корпусу ДНЗ «Чебурашка»

Таблиця 1.1

Експлуатаційні характеристики будівлі

Найменування	Значення
Розрахункова чисельність присутніх людей, всього, чол.	1682
в тому числі:	х
- учнів (для навчальних закладів)	1559
Фактична чисельність постійно присутніх людей, всього, чол.	1682
в тому числі:	х
- учнів	х
2023	1398
2024	1453
2025	1559
Кількість днів роботи установи	300
- на добу, год.	12
- на рік, год.	3600

1.1.1. Опалення. Існуюча система опалення дитячого садка - однотрубна горизонтальна. Магістральні горизонтальні трубопроводи проложені в конструкції підлоги 1-го та 2-го поверхів.

Розводящий магістральний трубопровід проложений під стелею техпідпілля. Труби сталеві, електрозварювальні та водогазопровідні. Ізоляція труб по техпідпіллю матами мінераловатними товщ. 50мм з покривним шаром лакостеклотканини, (яке підлягає ремонту).

На існуючій системі опалення відсутні балансувальні клапани.

Нагрівальні прилади – чавунні радіатори М-140, кількість секцій – 1548. На підводках до приладів опалення відсутні клапани з термостатичними головками.

Діаметри трубопроводів, проложених в підлозі – 25 мм, загальна кількість 325 м. Діаметри підводок до приладів – 20 мм, загальна кількість – 450 м. Діаметри трубопроводів, проложених по центру техпідпілля – 89 мм, загальна кількість – 90 м.

Підігрів полів в ігрових прийшов в непридатність.

Витрати теплоносія на опалення будівель становлять 250000 Вт, на гарячу воду – 95930 Вт.

1.1.2. Вентиляція. Вентиляція будівлі – природня. Вентиляція кухні – механічна, прийшла в непридатність (виконана в 1978 році).

1.1.3. Гаряча вода. Система гарячого водопостачання – децентралізована. Для підігріву гарячої води, в тепловому пункті встановлено 2 пластинчатих підігрівача ХВ37Н-1-60 G1A (20 мм), F = 3,25 кожного.

Температура теплоносія 95-70°C; температура гарячої води – 55 °C.

Діаметр трубопроводу підвідного - 57, загальна кількість 8 м.

Діаметр трубопроводу відвідного - 57, загальна кількість 8 м.

Діаметри трубопроводів Т3, проложених в техпідпіллі – 40 мм, загальна кількість 390 м в тепловій ізоляції матами мінераловатними товщ. 30 мм з покривним шаром лакостеклотканини, (яке підлягає ремонту).

Діаметри трубопроводів Т4, проложених в техпідпіллі – 32 мм, загальна кількість 100 м в тепловій ізоляції матами мінераловатними товщ. 30мм з

покровним шаром лакостеклотканини, (яке підлягає ремонту).

Трубопроводи стояків, розвідних трубопроводів до приладів DN20, загальна кількість 1420 м. Система гарячого водопостачання обладнана циркуляційним насосом UP 20-45N; $N = 0,11 \text{ кВт}$.

1.2. Основні кліматичні особливості регіону

Місце будівництва: вул. Миру, 8, м. Полтава, Полтавської області.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаються по м. Полтава:

1. Архітектурно-будівельне кліматичне районування (згідно ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія») – І «Північно-західний».

2. Температурна зона (згідно ДБН В.2.6-31:2016) – І.

3. Зона вологості (згідно ДБН В.2.6-14-97) – «Волога».

4. Середньорічна температура повітря – $+7,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. Середньорічна кількість атмосферних опадів – 574 мм.

10. Пануючий напрям вітру – західний.

11. Клас відповідальності об'єкту – СС2 (ДБН В.1.2-14-2009, табл.1).

12. Середня температура періоду з середньодобовою температурою $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (середня температура опалювального періоду $t_{\text{оп з}}$) – $-0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

13. Тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря $< 8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (тривалість опалювального періоду) – 178 діб.

14. Кількість градусо-діб опалювального періоду – 3524 градусо·діб.

15. Скоригована температура внутрішнього повітря – $+20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

16. Розрахункова температура зовнішнього повітря для І кліматичної зони – $-22 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

17. Нормативне значення приведенного опору теплопередачі $R_g \text{ min, м}^2 \cdot \text{K/Вт}$:

– для зовнішніх стін – $4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;

– для суміщеного покриття – $7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;

– для покриття опалювальних горищ (технічних горища) та покриття мансардного типу – $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{K/Вт}$;

- для перекриття неопалювального горища – $6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами – $5,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – $0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для входних дверей – $0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Висновки по розділу 1

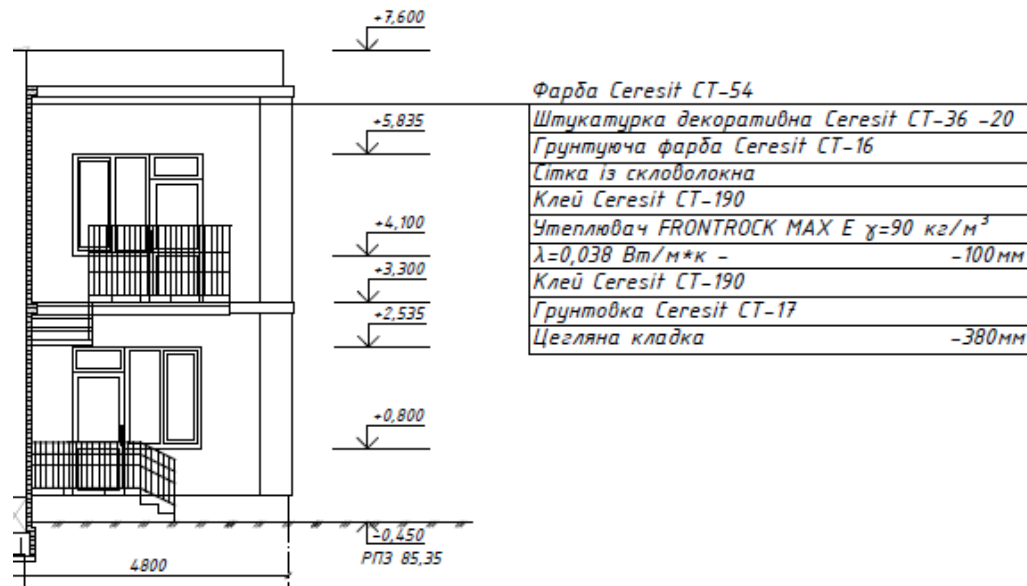
Дано опис об'єкта проєктування, визначено зони кліматичних умов та зведено експлуатаційні характеристики будівлі. Встановлено мінімальні значення щодо відповідності об'єкта проєктування діючим вимогам нормативних документів. Так, будівля відноситься до І «Північно-західний» архітектурно-будівельного кліматичного районування (згідно ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія») та І температурної зони.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1. Розрахунок зовнішньої утепленої стіни будівлі

Зовнішні стіни будівлі із цегляної кладки, товщиною 380 мм, негорючими теплоізоляційними плитами FRONTROCK MAX E $\gamma = 90 \text{ кг/м}^3$, товщиною 100 мм, зовнішнім опорядженням Ceresit СТ 36 та внутрішньою цементно-піщаною штукатуркою ($\delta = 20 \text{ мм}$).



Розрахунок опору теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою [18]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}. \quad (2.1)$$

Для розрахунку зовнішньої стіни, ззовні приймаємо таку конструкцію:

1. Цементно-піщаний розчин:

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \gamma_1 = 1600 \text{ кг/м}^3; \lambda_1 = 0,81 \text{ Вт/м}\cdot\text{К};$$

2. Цегляна кладка (керамічна повнотіла цегла):

$$\Delta_2 = 0,38 \text{ м}; \gamma_2 = 1800 \text{ кг/м}^3; \lambda_2 = 0,81 \text{ Вт/м}\cdot\text{К};$$

3. Клейова суміш (Ceresit СТ-190):

$$\Delta_3 = 0,005 \text{ м}; \gamma_3 = 1800 \text{ кг/м}^3; \lambda_3 = 0,87 \text{ Вт/м}\cdot\text{К};$$

4. Мінераловатний утеплювач:

$$\Delta 4 = 0,1 \text{ м}; \lambda 4 = 0,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{К (в умовах експлуатації – Б);}$$

5. Клейова суміш (Ceresit СТ-190):

$$\Delta 5 = 0,003 \text{ м}; \gamma 5 = 1800 \text{ кг/м}^3; \lambda 5 = 0,87 \text{ Вт/м} \cdot \text{К};$$

6. Зовнішня штукатурка Ceresit СТ 36:

$$\Delta 6 = 0,003 \text{ м}; \gamma 6 = 1800 \text{ кг/м}^3; \lambda 6 = 0,87 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}.$$

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції становитиме:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\Sigma}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,005}{0,87} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,003}{0,87} + \frac{0,003}{0,87} + \frac{1}{23} = 3,16, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

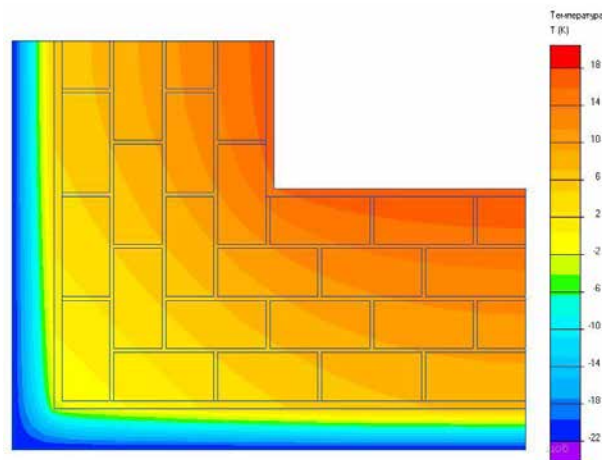
Відповідно до ДСТУ 9190:2022, використовуємо коригуючу поправку до коефіцієнта теплопередачі для врахування впливу теплопровідних включень, з урахуванням коефіцієнта теплопередачі зовнішніх стін:

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{3,16} = 0,32, \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (2.2)$$

З урахуванням останнього, а також даних ДСТУ 9190:2022, приймаємо значення додаткової складової до коефіцієнта теплопередачі, які враховують вплив теплопровідних включень $\Delta U_{\text{тв}} = 0,15 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$.

Оскільки при виконанні умов згідно з формули (1) п.6.2.1 [1] допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки із зниженнями значеннями опору теплопередачі до рівня 75% від мінімально допустимого значення для непрозорих частин зовнішніх стін відповідно до умови згідно з формулою (4) при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами (5) та (6) [1].

Наведемо температурне поле вузла кутового сполучення стін:



Мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої конструкції $R_{g \min}$ п.6.3 [1], яка розмежовує приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 4 °С (теплі горища, стіни, перекриття, вікна, тощо), і приміщення з поквартирним регулюванням теплоспоживання визначають за формулою А1 [1]:

$$R_{g \min} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{\Delta T_{\text{cr}} \cdot \alpha_{\text{в}}} = \frac{22 - (-22)}{4 \cdot 8,7} = 1,26, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}. \quad (2.3)$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура повітря в приміщеннях будівлі, $t_{\text{в}} = 22$ °С згідно табл. В.2 [1];

$t_{\text{з}}$ – температура зовнішнього повітря, $t_{\text{з}} = -22$ °С (з розділу 2.4 для І кліматичної зони);

ΔT_{cr} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції згідно табл. 5 [1], $\Delta T_{\text{cr}} = 4$ °С;

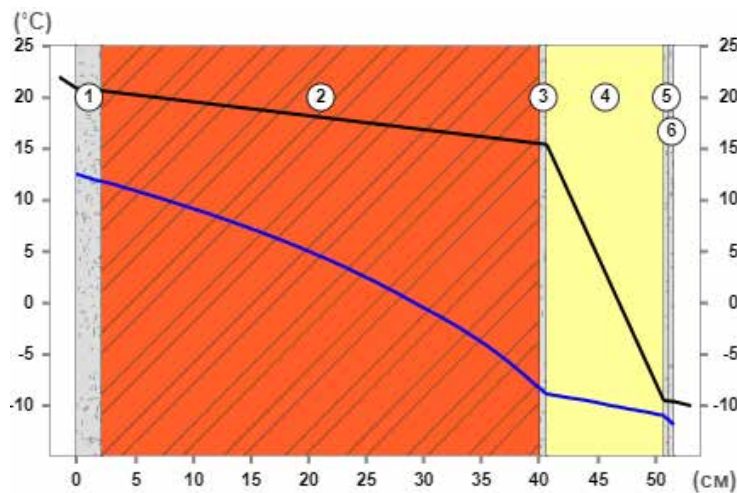
$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, згідно п.1 дод. Б [18], $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/(м·К).

Отже, приймаємо мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій будівлі для І температурної зони згідно табл. 3 [1] та проводимо розрахунок відповідно до розділу 5 [18].

Визначаємо температуру на внутрішній поверхні зовнішньої стіни:

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{R_{\Sigma \text{пр}} \cdot \alpha_{\text{в}}} = 20,4, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.4)$$

Знаходимо по діаграмі нижче температуру точки роси при $t_{\text{в}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ і $\varphi_{\text{в}} = 55 \%$ для стіни із цегляної кладки та отримуємо для зовнішньої стіни будівлі – $\tau_{\text{р}} = 12,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.



1. Цементно-піщаний розчин
2. Цегляна кладка
3. Клейова суміш (Ceresit CT-190)
4. Мінераловатний утеплювач
5. Клейова суміш (Ceresit CT-190)
6. Зовнішня штукатурка Ceresit CT 36

Конденсат на площині внутрішньої поверхні стіни буде утворюватися в тому випадку, якщо $\tau_{\text{в}} \leq \tau_{\text{р}}$. Оскільки:

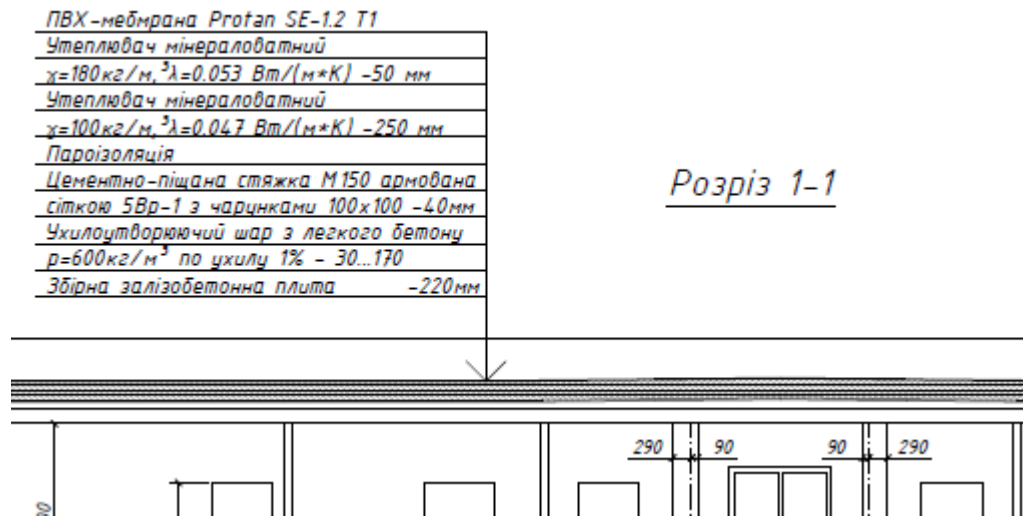
$$20,4 \text{ } ^\circ\text{C} > 12,8 \text{ } ^\circ\text{C},$$

то конденсації не буде і конструкція зовнішньої стіни задовольняє вимоги діючих норм [1].

2.2. Розрахунок суміщеного покриття

Відповідно до проекту, покрівля будівлі – багатопустотна залізобетонна плита перекриття, ухилоутворюючий шар з легкого бетону, товщиною (середньою) 100 мм, цементно-піщана стяжка М150, пароізоляція, утеплювач мінераловатний ($\gamma = 180 \text{ кг/м}^3$), товщиною 50 мм, утеплювач мінераловатний ($\gamma = 100 \text{ кг/м}^3$), товщиною 250 мм, ПВХ-мембрана Protan SE 1,2.

Розріз суміщеного покриття:



Для розрахунку приймаємо таку конструкцію суміщеного покриття з конструктивними шарами:

Шар	Матеріал	λ	δ , мм
1	ПВХ-мембрана Protan SE 1,2	0,17	1,2
2	Утеплювач мінераловатний	0,053*	50,0
3	Утеплювач мінераловатний	0,047*	250,0
4	Пароізоляція	0,17	0,5
5	Цементно-піщана стяжка М150	0,81	40,0
6	Ухилоутворюючий шар з легкого бетону	1,86	100,0
7	Багатопустотна залізобетонна плита	2,04	220,0

* значення коефіцієнта теплопровідності прийнято для умов експлуатації – Б

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції суміщеного покриття розраховується за формулою [18]:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\Sigma}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,0012}{0,17} + \frac{0,05}{0,053} + \frac{0,25}{0,047} + \frac{0,0005}{0,17} + \frac{0,04}{0,81} + \frac{0,04}{0,81} + \frac{0,1}{1,86} + \frac{1}{23} = 6,64, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

де $\alpha_{\Sigma} = 8,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні захищення згідно п.3 дод. Б[18];

$\alpha_3 = 23 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні захищення згідно п.3 дод. Б[18];

$\delta_1 \dots \delta_n$ - товщини відповідних шарів захищення, м;

$\lambda_1 \dots \lambda_n$ - коефіцієнти теплопровідності відповідних шарів в розрахункових умовах експлуатації (розрахункова теплопровідність відповідно

Б-нормальний), Вт/(м·К);

n – кількість шарів огорожувальної конструкції.

Коефіцієнт теплопередачі суміщеного покриття (теплопровідні включення відсутні):

$$U = \frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{6,64} = 0,15, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі внутрішньої конструкції $R_{g \min}$, яка розмежовує приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 3 °С (теплі горища, стіни, перекриття, вікна, тощо), і приміщення з поквартирним регулюванням теплоспоживання визначають за формулою А1 [1]:

$$R_{g \min} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{\Delta T_{\text{cr}} \cdot \alpha_{\text{в}}} = \frac{22 - (-22)}{3 \cdot 8,7} = 1,69, \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, $t_{\text{в}} = 22$ °С згідно табл. В.2 [1].

$t_{\text{з}}$ – температура повітря ззовні, $t_{\text{з}} = -22$ °С (з розділу 2.4 для І кліматичної зони).

ΔT_{cr} – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції будівлі згідно табл.5 [1]. $\Delta T_{\text{cr}} = 3$ °С.

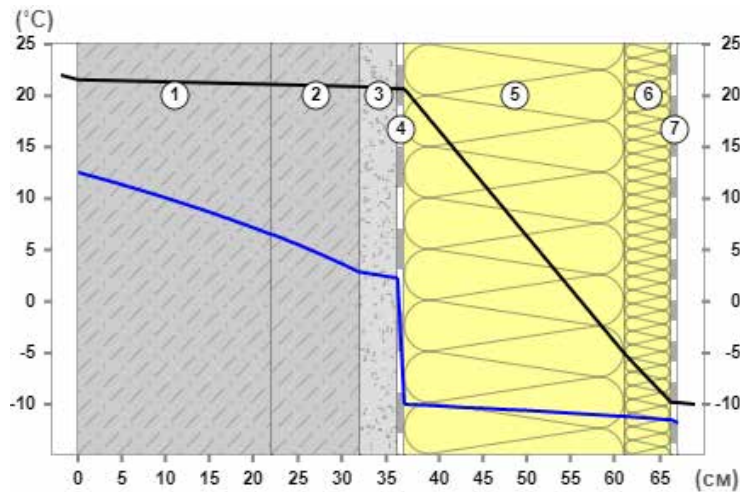
$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, згідно п.3 дод. Б [18], $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ Вт/м К.

Отже, приймаємо мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій будівлі для І температурної зони згідно табл. 3 [1] та проводимо розрахунок відповідно до розділу 5 [18].

Визначаємо температуру на внутрішній поверхні суміщеного покриття:

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{R_{\Sigma \text{пр}} \cdot \alpha_{\text{в}}} = 21,2, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Знаходимо по діаграмі нижче температуру точки роси при $t_{\text{в}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$ і $\varphi_{\text{в}} = 55 \%$ та отримуємо $\tau_{\text{р}} = 12,6 \text{ } ^\circ\text{C}$.



1. Багатопустотна залізобетонна плита
2. Пароізоляція
3. Утеплювач MONROCK MAX
4. Цементополістирол
5. Цементно-піщана стяжка
6. Біполь
7. Уніфлекс

Конденсат на площині внутрішньої поверхні покриття не буде утворюватися в тому випадку, якщо $\tau_{\text{в}} \leq \tau_{\text{р}}$. Оскільки

$$21,2 > 12,6,$$

то конденсації не буде і конструкція суміщеного покриття задовольняє вимоги норм.

2.3. Величини нормативних $R_{g \text{ min}}$ та розрахункових R_{Σ} показників з опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Найменування конструкції	Нормативний опір теплопередачі, $R_{g \text{ min}}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт}$	Розрахунковий опір теплопередачі існуючої частини будівлі $R_{\Sigma}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт}$	Розрахунковий опір теплопередачі проектованої частини будівлі $R_{\Sigma}, \text{ м}^2 \text{ К} / \text{ Вт}$
Стіни зовнішні	4,0	3,32	3,16
Суміщене покриття	7,0	2,85	6,64
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,9	0,6	0,75
Зовнішні двері	0,7	0,5	0,6

2.4. Коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будівель

Коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $R_{\Sigma np}$ Вт/м² К визначений за ДСТУ [18]. При цьому загальна площа зовнішніх стін, суміщеного покриття, перекриття над проїздами, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, входних дверей в будинку становить:

A_{Σ} - загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій; $A_{\Sigma} = 5182,8$ м².

A_i - площа непрозорих стінових зовнішніх огорожувальних конструкцій; $A_i = 1306,4$ м².

A_{ci} - загальна площа суміщеного покриття; $A_{ci} = 1474,7$ м².

A_{gfi} - загальна площа перекриття над техпідпіллям; $A_{gfi} = 1040,1$ м².

A_{gf} - загальна площа підлоги по ґрунту; $A_{gf} = 392,2$ м².

A_{wi} - площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій; $A_{wi} = 924$ м².

A_{fdi} - загальна площа входних дверей; $A_{fdi} = 45,4$ м².

$$U_{\Sigma} = k_{\Sigma} = \xi \left(\frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \frac{A_{ci}}{R_{\Sigma ci}} + \frac{A_{wi}}{R_{\Sigma wi}} + \frac{A_{fdi}}{R_{\Sigma fdi}} + \frac{A_{gfi}}{R_{\Sigma gfi}} + \frac{A_{gf}}{R_{\Sigma gf}} \right) : A_{\Sigma}. \quad (2.5)$$

де ξ – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією огорожень за сторонами світу, наявністю кутових приміщень, надходжень холодного повітря через входи в будинок, приймається $\xi = 1,1$.

Коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку в цілому:

$$U_{\Sigma} = k_{\Sigma} = 1,1 \left(\frac{1306,4}{3,25} + \frac{1474,7}{5,59} + \frac{1040,1}{0,96} + \frac{392,2}{3,88} + \frac{924}{0,62} + \frac{45,4}{0,53} \right) : 5182,8 = 0,73.$$

2.5. Об'ємно-планувальні характеристики

Коефіцієнт скління фасадів будівлі згідно з формулою А.6 [1]:

$$m_w = \frac{\Sigma A_{wi}}{(\Sigma A_{wi} + A_i + A_{fdi})} = 924 / (1306,4 + 924 + 45,4) = 0,41. \quad (2.6)$$

Показник компактності будинку згідно з формулою А.7 [1]:

$$\Lambda_{\text{bci}} = \frac{A_{\Sigma}}{V} = \frac{5182,8}{9048,4} = 0,57. \quad (2.7)$$

де V - кондиціонований об'єм будівлі; $V = 9048,4 \text{ м}^3$.

2.6. Визначення показників теплостійкості

Визначення показників теплостійкості здійснено згідно з вимогами розділу 6 ДБН В.2.6-31 [1].

Оцінка теплостійкості в літній період: розрахунок проводиться згідно додатка П. Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря:

$$A_{t_{\text{эроз}}} = 0,5 A_{t_{\text{э}}} + \frac{\chi \cdot (I_{\text{max}} - I_{\text{сер}})}{\alpha_{\text{эл}}} = 0,5 \cdot 11 + \frac{0,7 \cdot (1070 - 134)}{28,4} = 28,6 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.8)$$

де $A_{t_{\text{э}}}$ максимальна амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні, $^{\circ}\text{C}$, приймається згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [10];

χ - коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції, визначається згідно з таблицею 10 [8];

$I_{\text{max}}, I_{\text{сер}}$ - відповідно максимальне і середнє значення сумарної сонячної радіації (прямої і розсіяної), Вт/м^2 , прийняті згідно табл. 17 [10].

Коефіцієнти теплосвоєння зовнішньою поверхнею окремих шарів огорожуючої конструкції, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, приймаються згідно додатку А ДСТУ [18]:

$$s_1 = 9,76;$$

$$s_2 = 10,12;$$

$$s_3 = 10,42;$$

$$s_4 = 0,43;$$

$$s_5 = 10,42;$$

$$s_6 = 10,42.$$

Теплова інерція шарів стінової огорожувальної конструкції зовнішніх стін, починаючи з боку приміщення згідно ДБН В.2.6-31 [1]:

$$\begin{aligned}
 D_1 &= R_1 \cdot s_1 = 0,025 \cdot 9,76 = 0,244; \\
 D_2 &= R_2 \cdot s_2 = 0,47 \cdot 10,12 = 4,756; \\
 D_3 &= R_3 \cdot s_3 = 0,006 \cdot 10,42 = 0,063; \\
 D_4 &= R_4 \cdot s_4 = 2,5 \cdot 0,43 = 1,075; \\
 D_5 &= R_5 \cdot s_5 = 0,003 \cdot 10,42 = 0,031; \\
 D_6 &= R_6 \cdot s_6 = 0,003 \cdot 10,42 = 0,031; \\
 D &= D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 = 6,2.
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

де: $s_1 \div s_6$ розрахункові коефіцієнти теплозасвоєння матеріалу окремих шарів огорожуючої конструкції, $\text{Вт/м}^2 \text{ К}$, приймаються за додатком А [18] для умов експлуатації Б.

Показник теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару Y , $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, з тепловою інерцією $D \geq 1$ приймається таким, що дорівнює розрахунковому коефіцієнту теплозасвоєння s матеріалу цього шару конструкції згідно з додатком А ДСТУ [18].

Показник теплозасвоєння зовнішньої поверхні шару Y з тепловою інерцією $D < 1$ визначають розрахунком, починаючи з першого (розраховуючи від внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції):

а) для першого шару за формулою:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + \alpha_{\text{вн}}}{1 + R_1 \cdot \alpha_{\text{вн}}}, \tag{2.10}$$

де $\alpha_{\text{вн}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкцій, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, що приймають згідно з додатком Б ДСТУ [18].

б) для i -го шару за формулою:

$$Y_i = \frac{R_i \cdot s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i \cdot Y_{i-1}} \tag{2.11}$$

В такому випадку:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \frac{R_1 \cdot s_1^2 + \alpha_{\text{вн}}}{1 + R_1 \cdot \alpha_{\text{вн}}} = \frac{0,025 \cdot 9,76^2 + 8,7}{1 + 0,025 \cdot 8,7} = 9,1 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \\
 Y_2 &= s_2 = 10,12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \\
 Y_3 &= s_3 = 10,42 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \\
 Y_4 &= s_4 = 0,43 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \\
 Y_5 &= s_4 = 10,42 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; \\
 Y_6 &= \frac{R_6 \cdot s_6^2 + (Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5)}{1 + R_6 \cdot (Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5)} = \frac{0,003 \cdot 10,42^2 + (10,12 + 10,42 + 0,43 + 10,42)}{1 + 0,003 \cdot (10,12 + 10,42 + 0,43 + 10,42)} = 28,99 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (2.12)
 \end{aligned}$$

Величини затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря:

$$v = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(s_1 + \alpha_{\text{вн}}) \cdot (s_2 + Y_1) \cdot \dots \cdot (s_n + Y_{n-1}) \cdot (\alpha_{\text{зл}} + Y_n)}{(s_1 + Y_1) \cdot (s_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (s_n + Y_n) \cdot \alpha_{\text{зл}}}, \quad (2.13)$$

де $\alpha_{\text{зл}}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції за літніми умовами, Вт/(м²·К), визначається:

$$\alpha_{\text{зл}} = 1,16(5 + 10\sqrt{v}) = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{3,8}) = 28,4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (2.14)$$

де v – мінімальна з середніх швидкостей вітру за румбами за липень, м/сек., повторюваність яких складає 16% та більше, прийнята згідно табл. 6 [10], але не менше 1 м/сек.

В такому випадку величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря буде дорівнювати:

$$v = 0,9 \cdot 2,718^{\frac{6,2}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(9,76 + 8,7) \cdot (10,12 + 9,1) \cdot (10,42 + 10,12) \cdot (0,43 + 10,42) \cdot (10,42 + 0,43) \cdot (10,42 + 10,42) \cdot (28,4 + 28,99)}{(9,76 + 9,1) \cdot (10,12 + 10,12) \cdot (10,42 + 10,42) \cdot (0,43 + 0,43) \cdot (10,42 + 10,42) \cdot (10,42 + 28,99) \cdot 28,4} = 86,5 \quad (2.15).$$

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій згідно ДБН [1]:

$$A_{\text{тв}} = \frac{A_{\text{тв роз}}}{v} = \frac{28,6}{86,5} = 0,33 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.16)$$

Отже, умова ДБН [1] ($A_{тв} \leq 2,5$) виконується.

Оцінка теплостійкості в зимовий період: розрахунок не проводиться згідно примітки п. 6.7 ДБН 2.6-31 [1].

2.7. Визначення показників повітропроникності

Різниця тисків:

$$\Delta P = (H - h) \cdot (\gamma_z - \gamma_v) + 0,03 \cdot \gamma_z \cdot v^2 \cdot \beta_v. \quad (2.17)$$

$$\Delta P = (6,6 - 1,65) \cdot (13,8 - 11,7) + 0,03 \cdot 13,8 \cdot 3,8^2 \cdot 0,65 = 14,3 \text{ Па}.$$

де H – висота будинку (від рівня підлоги першого поверху до верху витяжної шахти), м;

h_i – висота від рівня підлоги першого поверху до середини огорожувальної конструкції i -го поверху, для якого проводиться розрахунок, м;

v – максимальна з середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/сек., повторюваність яких складає 16% та більше, прийнята згідно табл. 5 [10], але не менше 1 м/сек.

β_v – коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається згідно таблиці 2 ДСТУ [20].

γ_z, γ_v – питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м, що розраховується за формулами:

$$\gamma_z = \frac{3463}{273 + t_z} = \frac{3463}{273 - 22} = 13,8 \quad \gamma_v = \frac{3463}{273 + t_v} = \frac{3463}{273 + 22} = 11,7. \quad (2.18)$$

де t_z – розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, що приймається залежно від температурної зони за табл. В.4 додатку В [1].

t_v – розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °С.

Розрахункова різниця тисків ΔP :

$$\Delta P = 14,3 \text{ Па}.$$

Необхідний опір повітропроникності на першому поверсі для непрозорих огорожувальних конструкцій визначається за формулою:

$$R_{gn} = \frac{\Delta P}{G_h} = \frac{14,3}{0,4} = 35,8 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/кг}, \quad (2.19)$$

де: G_h – допустима повітропроникність огорожувальних конструкцій, що встановлюється згідно [20] залежно від виду огорожувальних конструкцій.

Необхідний опір повітропроникності для світлопрозорих огорожувальних конструкцій визначається за формулою:

$$R_{gh} = \frac{(\Delta P / \Delta P_0)^{2/3}}{G_h} = \frac{(14,3/10)^{2/3}}{4} = 0,32 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/кг}. \quad (2.20)$$

Опір повітропроникності для непрозорих огорожувальних конструкцій визначається за формулою:

$$R_g = \sum_{i=1}^n R_i = 180 + 13 + 44,3 + 1,4 + 26,6 + 26,6 = 291,9 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па/кг} \quad (2.21)$$

Отже, умова ДБН [1] ($R_g \geq R_{gh}$) $\rightarrow 291,9 \geq 35,8$ виконується.

2.8. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій здійснена згідно з вимогами розділу 6 [1] для глухих ділянок основного поля зовнішніх стін.

Для зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій опалюваних будинків обов'язкове виконання умови

$$\Delta W \leq \Delta W_0,$$

де ΔW – збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація води, за холодний період року, % за масою;

ΔW_0 – допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення

вологості виробів з мінвати, в шарі якого може відбуватися конденсація вологи, за холодний період року, % за масою.

$$\Delta W_{\partial} = 2,5 \text{ \%}.$$

Визначаємо температуру в товщі конструкції на межі двох шарів:

$$t(x) = t_a - \frac{t_a - t_{ze}}{R_{\Sigma}} \left(\frac{1}{\alpha_a} + R_x \right) = 22 - (22 - (-22)) / 3,16 \cdot (1/8,7 + 0,511) = 13,3 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad (2.22)$$

де $t_{ze} = -22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для процесу накопичення вологи в конструкції.

Парціальний тиск насиченої водяної пари визначається згідно з довідковими даними:

$$E(x) = 2333 \text{ Па}.$$

Парціальний тиск насиченої водяної пари e_v внутрішнього повітря:

$$e_v = 0,01 \phi_{vo} E_v = 0,01 \cdot 55 \cdot 2333 = 1283 \text{ Па}. \quad (2.23)$$

Опір паропроникненню огорожувальної конструкції та окремих її шарів розраховується за формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta_i}{\mu_i} \right)$$

$$R_{ex} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\delta_i}{\mu_i} \right) + \frac{x - \sum_{i=1}^m \delta_i}{\mu_{m+1}} \quad (2.24)$$

$$R_{e\Sigma} = \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,38}{0,11} + \frac{0,005}{0,098} + \frac{0,1}{0,5} + \frac{0,003}{0,098} + \frac{0,003}{0,098} = 3,93 \text{ м}^2 \text{ год Па/мг};$$

$$R_{ex} = \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,38}{0,11} + \frac{0,005}{0,098} + \frac{0,511 - 0,405}{0,5} = 3,88 \text{ м}^2 \text{ год Па/мг};$$

де $R_{e\Sigma}$ – опір паропроникненню огорожувальної конструкції;

R_{ex} – опір паропроникненню огорожувальної конструкції на відстані x від внутрішньої поверхні;

n – загальна кількість шарів у конструкції;

m – кількість шарів від внутрішньої поверхні до перерізу x ; δ_i – товщина i -го шару, м;

μ_i – паропроникність матеріалу i -го шару, мг/(м · год · Па);

μ_{m+1} – паропроникність матеріалу шару, мг/(м · год · Па), де розташований переріз x .

Парціальний тиск водяної пари в товщі шару матеріалу в перерізі x :

$$e(x) = e_{\text{в}} - \frac{e_{\text{в}} - e_{\text{з}}}{R_{\text{в}\Sigma}} R_{\text{в}x} = 1283 - \frac{1283 - 472}{3,93} 3,88 = 482,3 \text{ Па.} \quad (2.25)$$

де $e_{\text{з}} = 472 \text{ Па}$ – парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря.

Перевіряємо залежність:

$$E(x) > e(x),$$

отже

$$1283 > 482,3 \text{ Па.}$$

Приросту вологи на межі шарів не буде, тому подальший розрахунок та порівняння приросту вологи у шарі матеріалу Δw далі не проводимо.

Висновки по розділу 2

Проведено розрахунок приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі. Так, для зовнішніх стін існуючої частини будівлі він становить $3,32 \text{ м}^2\text{K/Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31, згідно умов п. 5.2.2. Визначено показники теплостійкості та повітропроникності огорожувальних конструкцій будівлі. Проведено оцінку вологісного режиму огорожувальних конструкцій для глухих ділянок основного поля зовнішніх стін. Встановлено відповідність огорожувальних конструкцій закладу діючим вимогам з енергоефективності.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЮ,
ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ОСВІТЛЕННЯ

3.1. Опис будівлі

Площі зовнішніх огорожень будівлі наведені нижче:

A_{Σ} - загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій; $A_{\Sigma} = 5182,8$ м².

A_i - площа непрозорих стінових зовнішніх огорожувальних конструкцій; $A_i = 1306,4$ м².

A_{ci} - загальна площа суміщеного покриття; $A_{ci} = 1474,7$ м².

A_{gfi} - загальна площа перекриття над техпідпіллям; $A_{gfi} = 1040,1$ м².

A_{gf} - загальна площа підлоги по ґрунту; $A_{gf} = 392,2$ м².

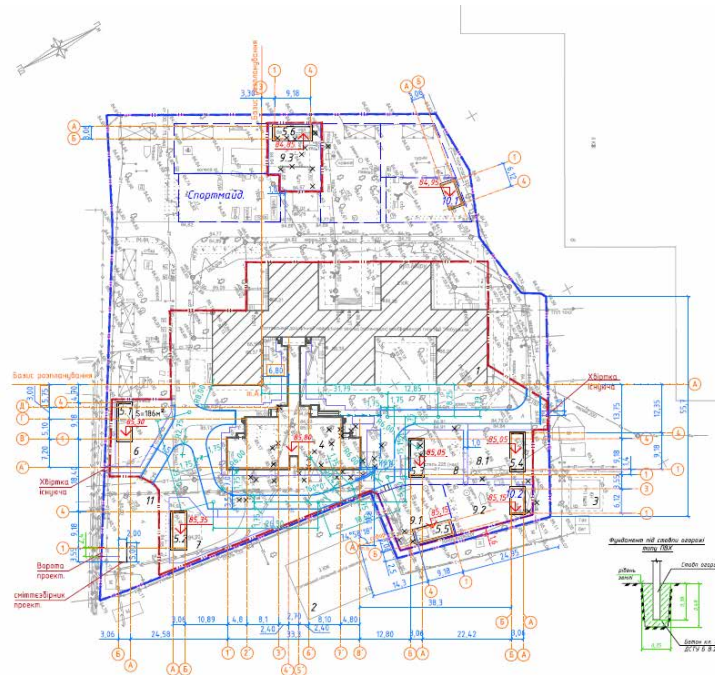
A_{wi} - площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій; $A_{wi} = 924$ м².

A_{fdi} - загальна площа входних дверей; $A_{fdi} = 45,4$ м².

Таблиця 3.1

Зведені характеристика огорожувальних конструкцій

№	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, A_i , м ²
1	Зовнішні стіни	1306,4
2	Суміщене покриття	1474,7
3	Перекриття над техпідпіллям	1040,1
4	Підлога по ґрунту	392,2
5	Світлопрозорі конструкції з орієнтацією:	
	Пн-Сх	91,42
	Пд-Сх	484,24
	Пд-Зх	76,65
	Пн-Зх	271,70
6	Зовнішні двері	45,4



3.2. Зонування будівлі при розрахунку

Розрахунок проводиться однозонний.

Кондиціонована площа будівлі: $A_f = 2876,0 \text{ м}^2$.

Кондиціонований об'єм будівлі: $V_f = 9048,4 \text{ м}^3$.

3.3. Характеристика передачі трансмісією

Для розрахунку прийнято, що приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31 [1]. Значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій наведені в таблиці.

Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією визначені, як для режиму опалення, так і для режиму охолодження.

При розрахунку теплопередачі через світлопрозорі елементи ефект нічної ізоляції не враховувався.

Таблиця 3.2

Характеристика передачі трансмісією

Вид огорожень	A, м ²	R _Σ , м ² ·К/Вт	U, Вт/(м ² ·К)	ΔU _{тв Н} , Вт/(м ² ·К)	ΔU _{тв С} , Вт/(м ² ·К)	b t _{г.х.Н}	b t _{г.х.С}	H _{х.Н} , Вт/К	H _{х.С} , Вт/К
Зовнішні стіни	1306,4	3,25	0,31	0,15	0,15	1,00	1,00	597,93	597,93
Суміщене покриття	1474,7	5,59	0,18	0,0	0,0	1,00	1,00	263,81	263,81
Перекриття над техпідпіллям	1040,1	0,96	1,04	0,0	0,0	0,3	0,3	325,03	325,03
Підлога по ґрунту	392,2	3,88	0,26	0,0	0,0	1,00	1,00	88,07	88,07
Світлопрозорі конструкції на вулицю	924,0	0,62	1,61	0,0	0,0	1,00	1,00	1490,34	1490,34
Зовнішні двері	45,4	0,53	1,89	0,0	0,0	1,00	1,00	85,66	85,66

$$H_{tr,adj,H} = H_D + H_g + H_u + H_A = 2850,84 \text{ Вт/К} \quad (3.1)$$

$$H_{tr,adj,C} = H_D + H_g + H_u + H_A = 2850,84 \text{ Вт/К} \quad (3.2)$$

Сумарна теплопередача трансмісією розрахована згідно з формулами 9 та 10 [8] для кожного місяця і наведена в таблиці 9 для режиму опалення та режиму охолодження.

3.4. Характеристики теплопередачі вентиляцією

Проектом передбачається Відповідно до проекту, вентиляція приміщень – припливно-витяжна з природним та механічним спонуканням.

Приплив повітря здійснюється – природно, інфільтраційно.

Природна витяжка з приміщень здійснюється з використанням стінових каналів.

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляції становить:

- для опалювального періоду $H_{ve adj H} = 485,0 \text{ Вт/К}$;
- для періоду охолодження $H_{ve adj C} = 1212,4 \text{ Вт/К}$.

Сумарна теплопередача вентиляцією розрахована згідно з формулами 22 та 23 [8] для кожного місяця і наведена в таблиці для режиму опалення та режиму охолодження.

3.5. Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Згідно з методикою стандарту [8] до уваги взяті наступні теплонадходження: внутрішній тепловий потік від людей, внутрішній тепловий потік від обладнання, внутрішній тепловий потік від освітлення. Відповідно загальна сумарна величина усередненого теплового потоку приймається згідно з таблицею 6 [8] і становить $P_{\text{int}} = 17 \text{ Вт/м}^2$

3.6. Характеристики сонячних теплонадходжень

Світлопрозорі конструкції, через які до будинку надходять сонячні теплонадходження, розташовані зі всіх сторін горизонту на зовнішніх стінах фасадів. Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А і наведена в таблиці.

Світлопрозорі конструкції, що використовуються для застосування будинку, віконні блоки на основі ПВХ-профілів із застосуванням одно- та двокамерними склопакетами з одним енергозберігаючим покриттям на внутрішньому склі. Для даного типу скління коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння згідно з таблицею [8] становить $g_n = 0,64-0,67$. Відповідно, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини визначають згідно з формулою 39 [8] і становить

$$g_{gi} = 0,9 \cdot 0,67 = 0,6;$$

$$g_{gi} = 0,9 \cdot 0,64 = 0,58.$$

Частка обрамлення приймається згідно з 11.4.3 [8] і становить $F_f = 0,28$.

Рухомі засоби затінення відсутні (понижувальний коефіцієнт згідно з таблицею [8] дорівнює 1).

Відповідно понижувальний коефіцієнт затінення для засобів рухомого затінення визначають згідно з формулою 41 [8]. При цьому, $g_{gl} + sh = 0,6$,

коефіцієнт затінення f_{sh} , w_{th} визначають згідно з таблицею [8] для відповідного місяця та відповідного напрямку.

Понижувальний коефіцієнт затінення зовнішніми перешкодами визначається згідно з 11.4.2. Прийнято, що будівля затінюється тільки від власних елементів (звисів та ребер).

Непрозорі елементи, які піддаються інсоляції, - це зовнішні стіни чотирьох фасадів та покрівля. Площа непрозорих елементів згідно з проектними даними становить:

Пн-Сх	404,0
Пд-Сх	148,0
Пд-Зх	410,7
Пн-Зх	343,7

Теплонадходження від сонця до будинку розраховані за формулою 36 [8] та наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Теплонадходження від сонця до будинку

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{sol} , кВт·год	4773,1	7604,5	12516,6	7785,7	21172,8	22598,8	22764,3	20199,1	14912,4	4460,9	4078,8	233,2

3.7. Динамічні параметри

Сумарна теплопередача та теплові надходження розраховані згідно з формулами 7 та 8 [8] і наведені в таблиці для режиму опалення та режиму охолодження.

Часова константа будівлі характеризує внутрішню теплову інерцію будівлі. Будівля є важкою, відповідно згідно з таблицею 15 [8] внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C = 80 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \text{ К}$.

Внутрішня теплоємність будівлі розрахована згідно з формулою 58 [8] і становить:

$$C_m = C \cdot A_f = 80 \cdot 2876 = 230080,0 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{К}. \quad (3.3)$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі, приймають згідно таблиці 15 ДСТУ [8], Вт·год/(м²·К);

A_f – кондиціонована площа будівлі, м².

Часова константа будівлі розраховується за формулою 56 [8] і становить:

- для режиму опалення $\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{vs,adj}} = 79,4 \text{ год}$

- для режиму охолодження $\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{vs,adj} + H_{vs,extra,adj}} = 79,4 \text{ год}$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення η_H , g_H , розрахований для кожного місяця згідно з формулами 46 ÷ 49 [8] на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти H та числового параметра γ_H , наведений у таблиці.

3.8. Внутрішні умови

Задана температура на опалення будівлі визначена за формулою 1 [8] на підставі заданих розрахункових температур повітря внутрішніх приміщень, прийнятих згідно ДБН В.2.5-67-2013 [4] і становить $Q_{int,H,set} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задана температура на охолодження прийнята згідно з таблицею [8] і становить $Q_{int,C,set} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.9. Енергопотреби для опалення та охолодження

Енергопотреби для опалення розраховані для кожного місяця згідно з формулою 3 [8] та наведені в таблиці. Енергопотреби для охолодження для кожного місяця згідно з формулою 5 [8] та наведені в таблиці. Річні енергопотреби для опалення та охолодження будівлі розраховані за формулою 65 [8].

Таблиця 3.4

Місяць		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Опалення	$Q_{ht.nd}$ кВт·год	52900,7	42474,7	30582,1	3528,7	0	0	0	0	0	7982,3	35165,8	48732,2
Охолодження	$Q_{cl.nd}$ кВт·год	0	0	0	0	0	32911,5	33346,5	30941,9	0	0	0	0

3.10. Тривалість опалювального періоду та періоду охолодження для діяльності сезонно залежних технічних засобів

Тривалість опалювального періоду прийнято фіксованою згідно з 15.3.3 [8] як для I температурної зони України, що становить 4500 год.

Тривалість періоду охолодження визначена згідно з 15.3.4 [8] на підставі даних таблиці А.6 додатка А [8] для м. Полтава і становить 909 год.

3.11. Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/ виділення)

Загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення визначаються для кожного місяця за формулою 79 [8] та наведені в таблиці, при цьому:

$$\eta_{et} = 0,78 \text{ – згідно з формулою 80 [8].}$$

Згідно з 15.4.3.4 додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі/виділення в розрахунках не враховується.

Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі/виділення, розраховують для кожного місяця за формулою 87 [8]. Результати розрахунків наведені в таблиці.

3.12. Загальне енергоспоживання при опаленні

Загальне енергоспоживання при опаленні визначено для кожного місяця за формулою 95 [8] та наведено в таблиці.

Річне енергоспоживання при опаленні будівлі розраховане згідно з формулою 97 [8] та наведено в таблиці.

Таблиця 3.5

Розрахунок енергоспоживання при опаленні

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$\Sigma Q_{H,use}$
$Q_{H,use}$	78319,1	63005,5	46151,1	5700,1	0	0	0	0	0	12007,8	52136,5	72022,7	329342,8

3.13. Додаткова енергія для опалення

Річна кількість додаткової енергії для опалення визначається згідно з формулою 99 [8]. У даному випадку, потреба у її використанні відсутня.

3.14. Загальне енергоспоживання при охолодженні

Враховуючи формулу 103 [8], а також відсутність підсистеми розподілення для системи охолодження, то загальна енергія виходу з системи охолодження визначається згідно з формулою 109 [8], з урахуванням, що підсистема розподілення відсутня взагалі ($Q_{C,dis,im} = Q_{C,nd}$):

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,ac} = 22452,2 / 0,93 = 24143,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.4)$$

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування розраховуються за формулою 110 [8]. При цьому, ефективність підсистеми виробництва/генерування прийнята згідно з таблицею 31 [8] і становить $\eta_{C,gen} = 2,4$.

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen} = 24143,2 (1 - 2,4) / 2,4 = -14083,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.5)$$

Загальне енергоспоживання при охолодженні визначено згідно з формулою 111 [8]:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,out} + Q_{C,gen,ls} = 24143,2 + (-14083,5) = 10059,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.6)$$

3.15. Додаткова енергія при охолодженні

Додаткову енергію для підсистеми тепловіддачі/виділення визначено за формулою 102 [8].

$$W_{C,em,aux} = f_{C,em,aux} \cdot Q_{C,gen,out} \cdot t_{C,op} / 1000 = 0,04 \cdot 24143,2 \cdot 909 / 1000 = 877,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.7)$$

Враховуючи відсутність підсистеми розподілення річна кількість додаткової енергії при охолодженні розрахована згідно з формулою 112 [8] становить:

$$W_{C,aux,an} = W_{C,em,aux} + W_{C,dis,aux,an} = 877,8 + 0 = 877,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (3.8)$$

3.16. Загальне енергоспоживання систем вентиляції

Проектом передбачається Відповідно до проекту, вентиляція приміщень – припливно-витяжна з природним та механічним спонуканням.

Приплив повітря здійснюється – природно, інфільтраційно.

Природна витяжка з приміщень здійснюється з використанням стінових каналів.

Таблиця 3.6

Теплопередача вентиляцією

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9958,6	8701,6	7829,8	2269,7	0	0	0	0	0	2579,9	7228,0	9128,7

3.17. Енергопотреби та енергоспоживання ГВП

Відповідно до проектної документації споживання складає 3,27 м³/доб.

Температура води в системі ГВП прийнята 55 °С.

Тепловтрати підсистеми розподілення для системи ГВП, що розглядається,

складаються з:

- тепловтрат розподільними трубопроводами до водорозбору гарячої води користувача;
- тепловтрат використаної води при водорозборі.

Питомий річний показник енергопотребити прийнятий – 15 кВт·год/м².

Тепловтрати розподільними трубопроводами до водорозбору гарячої води користувача розраховуються згідно формули 119 [8]. При цьому приймається:

$$\theta_{W,dis,avd} = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$\theta_{ambv} = 13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу (температура некондиціонованого приміщення);

$\theta_{ambs} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – середня температура середовища навколо секції трубопроводу (температура опалюваного приміщення);

$t_w = 7200$ год – період користування системою ГВП;

$L_v = 390$ м – протяжність трубопроводів, які знаходяться в неопалюваних приміщеннях, до водорозбору гарячої води користувачів згідно з проектними даними;

$L_s = 1000$ м – протяжність трубопроводів, які знаходяться в опалюваних приміщеннях, до водорозбору гарячої води користувачів згідно з проектними даними;

$L_{vc} = 100$ м – протяжність циркуляційних трубопроводів, які знаходяться в неопалюваних приміщеннях, до водорозбору гарячої води користувачів згідно з проектними даними;

$L_{sc} = 490$ м – протяжність циркуляційних трубопроводів, які знаходяться в опалюваних приміщеннях, до водорозбору гарячої води користувачів згідно з проектними даними;

$\psi_w = 0,3$ та $0,4$ Вт/(м К) – лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів, визначений згідно з таблицею 24 для трубопроводів, які знаходяться в неопалюваних та опалюваних приміщеннях відповідно [8].

Річний обсяг енергоспоживання на потреби ГВП визначають згідно з формулою 126 [8], при цьому ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти прийнята згідно з таблицею 27 [8].

Джерело системи ГВП – централізована від ТМ за незалежною схемою від пластинчастих водопідігрівачів.

В такому випадку $\eta_{gen} = 96 \%$.

Додаткові втрати теплоти при зливанні непрогрітої води з системи ГВП – 5 %.

А споживання енергії на ГВП складає:

$$Q_{DHW,use} = 43140,0 \text{ кВт год.}$$

3.18. Енергоспоживання при освітленні

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні W , кВт год, розраховують за формулою 128 [8]:

$$W = W_L + W_p, \quad (3.9)$$

де W_L - енергія, необхідна для виконання функції штучного освітлення в будівлі, кВт год,

W_p - паразитна енергія, що необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення та енергія для управління/регулювання освітлення в будівлі, кВт год.

Значення W_L розраховують за формулою 129 [8]:

$$W_L = (P_N \cdot FC) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)] \cdot A_f / 1000, \quad (3.10)$$

$$W_L = (15,1 \cdot 1) \cdot [(1800 \cdot 1 \cdot 1) + (200 \cdot 1)] \cdot 2876 / 1000 = 86855,2 \text{ кВт год,}$$

де P_N – питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, Вт/м²

F_C – постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання навантаження встановленого освітлення при функціонуючому контролі сталої освітленості зони, приймають згідно з таблицею 36 [8], $F_C = 1$;

F_O – коефіцієнт використання освітлення, є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони, приймають згідно з таблицею 36 [8], $F_O = 1$;

F_D – коефіцієнт природного освітлення, є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони, приймають згідно з таблицею 36 [8], $F_D = 1$;

t_D – час використання природного освітлення протягом року, год, приймають згідно з таблицею 36 [8]; $t_D = 1800$ год;

t_N – час використання штучного освітлення протягом року, год, приймають згідно з таблицею 36 [8]; $t_N = 200$ год;

A_f - кондиціонована площа будівлі, м, визначена згідно з 6.4[8], $A_f = 2876,0$ м².

Значення W_P розраховують за формулою 130 [8]:

$$W_P = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f, \text{ де} \quad (3.11)$$

P_{em} - загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт год/ м² , приймають згідно з таблицею 36 [8]; $P = 1$ кВт год/м² загальна встановлена питома потужність усіх систем управління приладами освітлення зони в час, коли лампи не використовують, кВт год/ м², приймають згідно з таблицею 36 [8]; $P = 5$ кВт год/м².

A_f - кондиціонована площа будівлі, м, визначена згідно з 6.4 [8]. $A_f = 2876,0$ м².

$$W_P = (1 + 5) \cdot 2876 = 17256,0 \text{ кВт год.}$$

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні складає:

$$W_{p\text{ич}} = 86855,2 + 17256 = 104111,2 \text{ кВт год.}$$

3.19. Вимоги до показника енергоефективності

Загальний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{\text{max}}, \quad (3.12)$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі, що визначають згідно з 5.2;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі, кВт год/м² або кВт год/м³, що встановлюють згідно з таблицею 1 [1], залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації яка приймається згідно з додатком Б [1].

В даному випадку для цієї будівлі в I кліматичній зоні EP_{max} визначається згідно таблиці 1 [1]:

$$EP_{\text{max}} = 48 \text{ кВт год/ м}^3,$$

Розрахункове значення EP визначають за формулою для будівлі 3 [1]:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / V_f, \quad (3.13)$$

де, $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$, $Q_{DHW,nd}$ - річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт год, що визначається згідно з ДСТУ Б А .2.-12 [8];

V_f – кондиціонований (опалювальний) об'єм для будівлі, м³.

Визначаємо розрахункове значення EP для будівлі:

$$EP = (221366,5 + 97199,9 + 43140) / 9048,4 = 40,0 \text{ кВт год/м}^3$$

Клас енергетичної ефективності для будівлі: «В».

Висновки по розділу 3

Здійснено розрахунок теплових втрат на об'єкті та виконано побудову термограми частини непрозорої огорожувальної конструкції. Визначено помісячні та річні показники енергопотреби на опалення, гаряче водопостачання та охолодження будівлі ДНЗ. Встановлено, що за цим показником будівля відноситься до класу «В», оскільки питоме енергоспоживання будівлі становить 40 кВт год/м^3 , що суттєво нижче гранично допустимого значення 48 кВт год/м^3 для мінімально встановленого класу.

РОЗДІЛ 4

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

4.1. Гнучкі попередньоізольовані труби виробництва AustroISOL

4.1.1. Гнучкі труби: різновиди та сфера застосування. Труби для систем водопостачання та каналізації можуть бути жорсткими, напівжорсткими і гнучкими. До жорстких відносять види труб, які не здатні витримати вертикальну і горизонтальну деформацію (починаючи з показника 0,1%), від якої вони пошкоджуються. Напівжорсткими вважаються труби, що витримують 3%-деформацію. Труби, стійкі до більш значних деформацій, відносяться до гнучких.



Рис. 4.1. Зовнішній вигляд попередньоізольованої труби AustroISOL

4.2. Сфери використання

Застосування гнучких труб досить широке. Вони можуть використовуватися в наступних сферах:

- прокладка безтраншейним методом;
- прокладання прохідних і непрохідних каналів;
- системи постачання водою;
- системи постачання газом.

Гофрована труба. Гнучкі гофровані труби, що виготовляються з нержавійки, мають надзвичайно широкий спектр застосування – цей елемент використовується практично в будь-якому напрямку будівельної галузі. Ось тільки кілька сфер застосування цих труб:

- конструкції постачання газом;
- постачання холодною і гарячою водою;
- каналізаційні системи;
- протипожежні системи;
- телекомунікаційні проводки;
- конструкції вентиляцій;
- комп'ютерні мережі і т.д.

Ми перерахували не всі напрямки застосування гнучких труб. Наприклад, підвищена стійкість до агресивних хімічних середовищ і вогню дає можливість використовувати ці труби в медичних лабораторіях, а також всередині пожежонебезпечних предметів, захищаючи кабелі від вогню. Такі сфери використання обумовлені відмінними експлуатаційними характеристиками гнучких труб. Серед їхніх переваг можна виділити такі:

- неохильність корозії;
- довговічність (термін служби складає сто років);
- стійкість до температурних перепадів;
- виняткова надійність;

- простота настановних робіт;
- стійкість до хімічних впливів і т.д

4.3. Переваги та вигідність прокладки попередньоізольованих труб

Досвід багаторічного використання сталевих труб в ППУ ізоляції для мереж гарячого водопостачання (ГВП) і опалення демонструє, що вони не здатні довгий час безаварійно працювати протягом нормативного терміну експлуатації. А це веде до суттєвих додаткових витрат.

Але, як відомо, наука не стоїть на місці. І в останні роки в світі широко застосовуються інші інноваційні технології в галузі забезпечення населення гарячою водою та опаленням. Однією з найсучасніших і передових технологій є застосування гнучких попередньо ізольованих труб.

Труби ПТІ виготовляються із застосуванням теплоізоляції зі спіненого поліуретану. Компоненти пінополіуретану змішуються на заливальній машині низького тиску, що забезпечує найвищу якість теплоізоляційного матеріалу. Таким чином, досягається високий ступінь однорідності щільності піни і зниження коефіцієнта теплопровідності. Теплоізоляція труб виготовляється без застосування фреону, що дозволяє нам піклуватися про навколишнє середовище.

ПТІ труби – це продукція нового покоління. Їх переваги незаперечні:

- Служать майже в 4 рази довше (термін експлуатації збільшився з 15 до 50 років);
- Мінімальні теплові втрати. 3% – теплові втрати, а традиційні труби втрачають до 30%;
- Знижують витрати на обслуговування теплотрас і ремонти в 3 рази;
- Матеріал стійкий до корозії і будь-якого хімічного впливу;
- Повністю безпечні для здоров'я людини;
- Гнучкі та легкі, завдяки чому просто і швидко монтуються;
- Володіють пам'яттю форми;
- Спрощують спосіб монтажу та збірки.

Полімерні-попередньоізолювані труби, без жодних сумнівів, вважається кращим вибором для монтажу такого сантехнічного інженерного обладнання як: загальне водопостачання, опалення та каналізація.

4.4. Термін служби теплоізолюваних труб

Якщо теплоізоляція якісна, то вона підвищує ККД системи і значно продовжує термін використання всього комплексу комунікацій: систем гарячого і холодного водопостачання, опалення та каналізації.

Якщо теплоізоляція проходить в заводських умовах, то сам патрубок і теплоізоляційний матеріал стають багатошарової конструкцією. Теплоізоляція на заводських потужностях має ряд переваг:

- Висока водонепроникність;
- Надійний захист від механічних пошкоджень;
- Збільшена швидкість монтажу;
- Завдяки одержуваній гнучкості, трубопровід ідеально вкладається на нерівній місцевості та легко огинає перешкоди.

Теплоізоляційні труби розраховані на максимальну температуру 95 С і використовуються під тиском не більше 10 Бар. Термін служби таких систем – більше 50 років.

Види теплоізолюючих матеріалів. Кожна компанія виробник використовує різні матеріали для теплоізоляції труб в заводських умовах. Розглянемо переваги і недоліки кожної з них:

Вид матеріалу	Переваги	Недоліки
Скловата	Міцність та шумопоглинання	Дуже пожежонебезпечний – практично вже не використовується.
Базальтовий утеплювач	Дуже хороші протипожежні та водовідштовхувальні властивості	Дуже легко матеріал виходить з ладу через свою кригкість
Пінополістирол	Стійкий до перепаду температур та відносно недорогий	Дуже нестійкий до механічних впливів
Пінополіуретан	Гіпоалергенний та екологічний. Стійкий до перепадів температур та впливу вологи	Досить дорого коштує
Зшитий поліетилен	Висока міцність, гнучкість, зносостійкість і стійкість до корозії. Дуже великий термін служби та більш високо функціональні характеристики	Вартість дорожче з усіх перерахованих, але найбільш довговічний та ефективний.

Сировина	Переваги	Недоліки
Полімерні труби	- Витримують підвищений тиск до 10 бар; - Витримують температуру до 80 градусів; - Немає необхідності у фарбуванні; - Захищає від струму і корозії на поверхні; - Зручне транспортування за рахунок рулонної упаковки; - Немає дефіцита комплектуючих; - Можливо кілька форматів з'єднань відрізків труб. - Недорогий матеріал; - Служить не менше 50 років; - З'єднання надійні, є можливість приховувати їх під обробкою.	Низька міцність, якщо труба не попередньо ізольована (якщо на незахищену трубу впаде важкий предмет – труба може погнутись)

4.5. Попередньо ізолювані труби – рішення при прокладанні мереж теплопостачання

Попередньо ізолювані труби – це багат шарові вироби, які забезпечують надійну теплоізоляцію та захищають метал від корозії.

Перелік плюсів попередньоізолюованих труб:

- Низький рівень теплопровідності, завдяки якому тепловтрати зведені практично до 0.
- Довговічність. На даний момент гарантований термін служби – 50 років.
- Водонепроникність – ППУ оболонка щільно захищає трубу від будь-якого зовнішнього контакту з вологою.
- Стійкість до агдезії між зовнішньою оболонкою та поверхнею труби.
- Висока механічна міцність.
- Повна стійкість до будь-яких впливів хімічно агресивних речовин (наприклад, луги, кислоти та ін.)
- Відсутність будь-яких токсичних та шкідливих речовин, як для навколишнього середовища, так і для людей.

Вигоди від використання труб ППУ:

- Збільшений термін служби трубопровідної системи з 10 років, до 50 років;
- Зниження тепловтрат з 40% до 2%;
- Зниження витрат на обслуговування тепломереж в процесі експлуатації в 9 разів;
- Зниження витрат на ремонтні та профілактичні роботи в 3 рази.

При необхідності заміни або «прокладки з 0» трубопроводу – вибір в сторону попередньоізолюованих труб – це вірне рішення для інвестиції у довговічність та висока якість трубопроводу будь-якої складності.

На завершення хочеться відзначити: кожна з перелічених вище попередньо ізолюованих труб виконує своє головне призначення – транспортування теплової

енергії на відстань. В одних випадках потрібні більш гнучкі траси, наприклад, при монтажі у стиснених умовах між будівлями, деревами або комунікаціями. В інших – приділяють увагу мінімізації експлуатаційних витрат, які залежать від витрат теплоти в тепломережах і за відсутності стиснених умов можливе використання менш гнучких ізольованих труб.

Австрійські інженери створили макси мально збалансований продукт, який є най ефективнішим рішенням при виконанні завдань транспортування теплової енергії – труби AustroPUR.

Строк служби теплоізольованого трубопроводу AustroPUR становить більше п'ятдесяти років і в повній мірі відповідає вимогам європейських нормативних документів стосовно якості компонентів і показників енергоефективності.

Зручність монтажу і прокладання теплотрас, висока якість компонентів, довговічність, мінімальні втрати теплоти, розумна цінова політика – це головні фактори, що допоможуть зробити правильний вибір на користь австрійського продукту.

4.6. Модернізація системи тепlopостачання

На сьогоднішній день застосування готових до монтажу гнучких теплоізольованих труб давно не є чимось новим – ця технологія дійсно ефективна і використовується скрізь. Найбільш зручними у монтажу є гнучкі теплоізольовані труби.

Технологія ізоляції труб, що використовується для тепломереж за методом AustroPUR, успішно вирішує дві головні вимоги, висунуті до подібних виробів – це низькі втрати теплоти і зручність монтажу. Вперше застосована двошарова конструкція теплової ізоляції, а також гофрований захисний кожух забезпечують трубам AustroPUR наднизькі втрати теплоти та відмінні показники гнучкості. Основний ізоляційний шар виготовлений з пінополіуретану з використанням циклопентанового спінювача.

Основними перевагами цього типу ізоляції є:

- низький коефіцієнт теплопровідності – 0,022 Вт/м·К (піни, що використовуються іншими виробниками на основі водних спінювачів мають коефіцієнт більше 0,032 Вт/м·К);
- високу адгезію до стінок труби і захисного кожуху;
- постійні теплофізичні властивості піни зберігаються протягом всього строку служби;
- екологічність компонентів – не руйнують озоновий шар Землі.

Допоміжним ізоляційним шаром є спінений, зшитий поліетилен (0,037 Вт/м·К), який при вигині слугує демпфером. В конструкції ізоляції також присутня алюмінієва фольга, що блокує вихід парів циклопентану з пор ізоляційного шару. Завдяки цьому зберігаються високі теплоізоляційні властивості протягом всього строку служби трубопроводів AustroPUR.



Рис. 4.2. Технології ізоляції труб

У дослідженнях на гнучкість теплоізольований трубопровід AustroPUR продемонстрував значно менші значення зусилля на вигин, ніж аналогічний трубопровід, теплоізольований пінополіуретаном (AustroPUR Ø145/2x32 – значення зусилля на вигин (радіус 1м) – 208 Н; Інший виробник Ø110/ 2 x 32 – значення зусилля на вигин (радіус 1 м) – 320 Н (+54%).

Система теплопостачання агротехнічного коледжу являє собою елеваторну

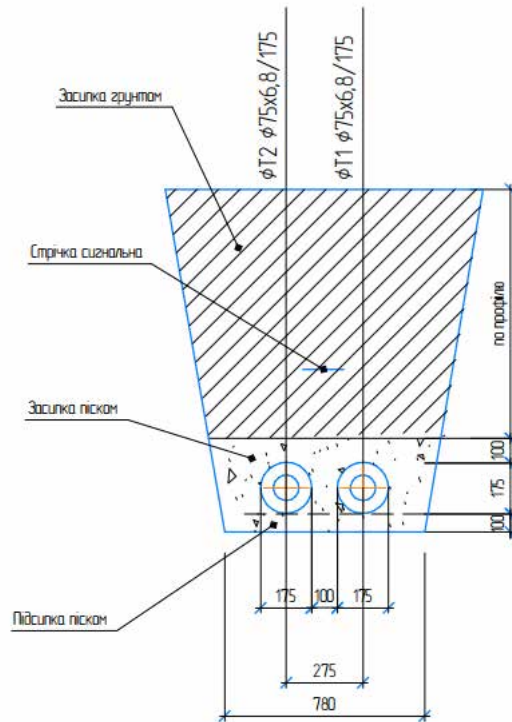


Рис. 4.4. Ущільнення вводу тепломережі (приклад)

Регулювання відпуску теплової енергії - автономне, якісне.

Монтаж теплових мереж проводити згідно ДСТУ-Н Б В.2.5-66-2012, ДБН В.2.5-39:2008, ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007, ДСТУ-Н Б В.2.5-31:2007.

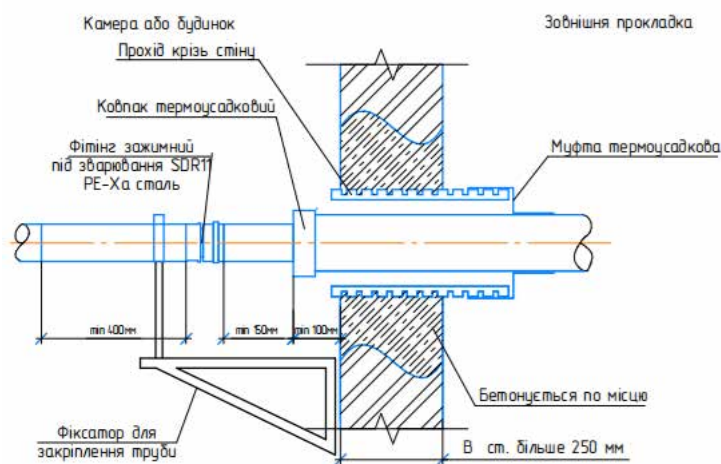


Рис. 4.5. Перехід трубопроводів через будівельні конструкції за допомогою проходу крізь стіну (приклад)

Злив трубопроводів здійснюється через спускную арматуру, яка встановлена в підвальному приміщенні.

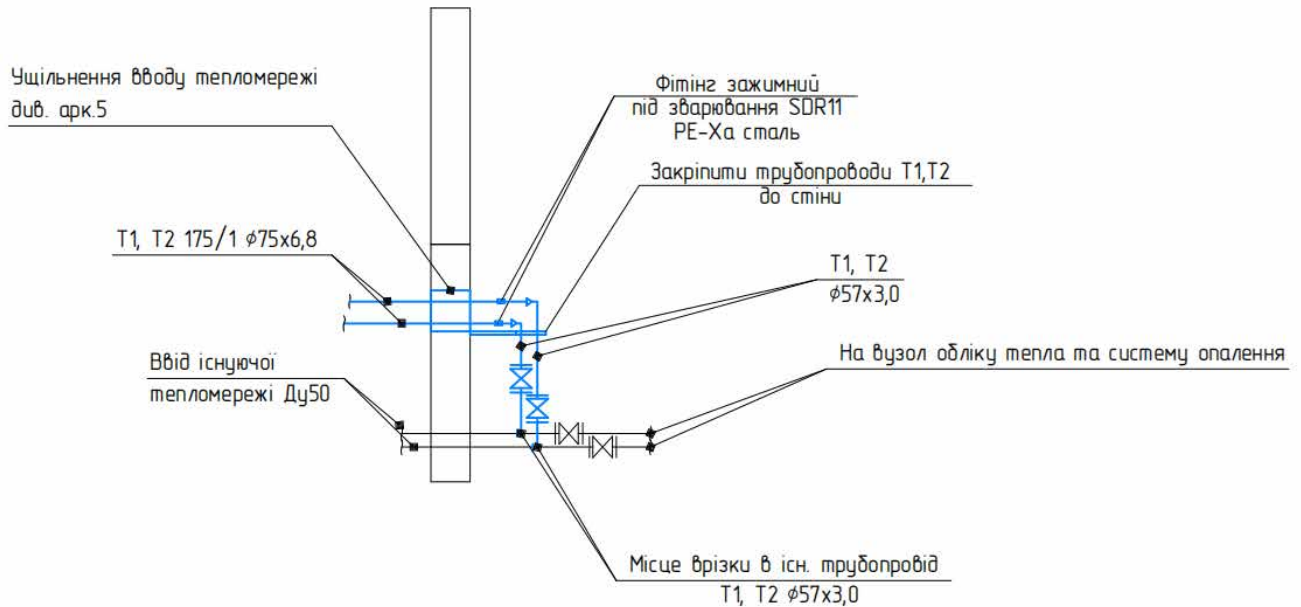


Рис. 4.6. Вузол підключення тепломережі в підвальному приміщенні (існуючий та проєктований)

Прокладання трубопроводу тепломережі при переході під автомобільною дорогою проводити методом горизонтально-направленого буріння ГНБ (проколу).

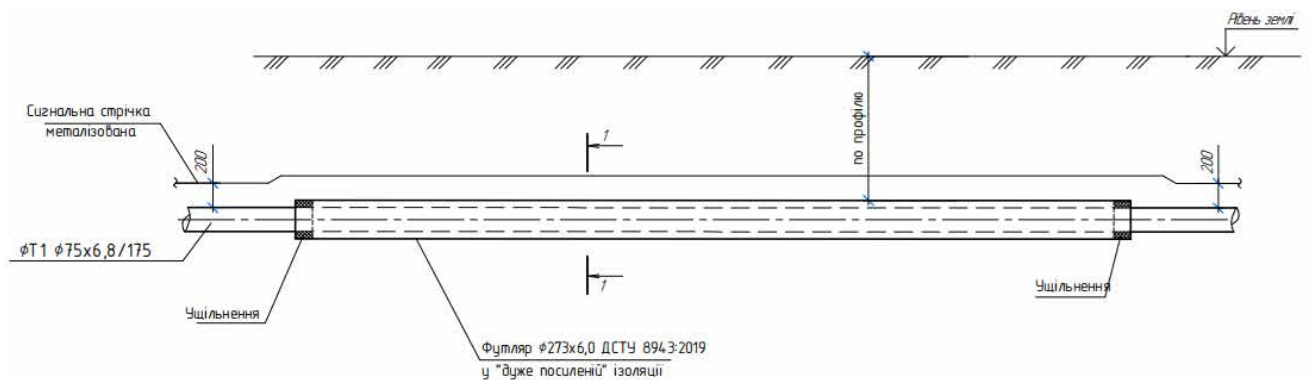


Рис. 4.7. Схема прокладання тепломережі під дорогою у футлярі (проєктована)

Трубопроводи мережної води згідно вказівок Держміськтехнагляду відносяться до категорії 4Б.

Умовні графічні зображення прийняті по ДСТУ Б А2.4-4:2009; ДСТУ Б А2.4-28:2008; ДСТУ Б А2.4-10:2009.

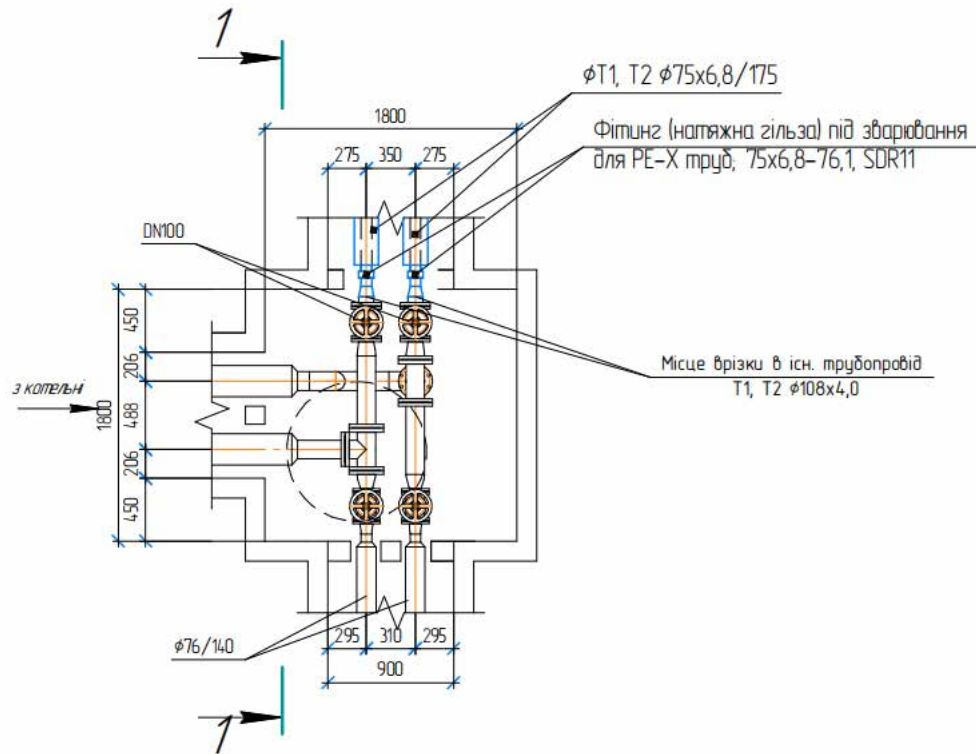


Рис. 4.8. Місце врізки в існуючий трубопровід в ТК (існуюче та проєктоване)

Гідравлічні випробування змонтованих трубопроводів проводити тиском в 1,25 рази перевищуючим робочий до початку теплоізоляційних робіт.

Обладнання, яке проєктується, має сертифікати України.

Ринок обладнання для теплопостачання постійно пропонує новинки, які є компактними при установці та зручними при експлуатації – модульні теплові пункти. У модульний тепловий пункт входить все обладнання, яке необхідне для запуску та зупинки системи опалення. Здебільшого, це ділянка трубопроводів з грязьовиками, фільтрами, циркуляційними насосами, регуляторами перепаду тиску та температури та вузлом обліку енергії.

Для більш спрощеного, але не менш якісного розрахунку, заміна грязьовиків та фільтрів існуючого теплового пункту проводитись не буде. Модернізація системи теплопостачання відбуватиметься за рахунок введення погодного регулювання, встановлення циркуляційно – змішувальних насосів замість елеваторного вузла та установки вузла обліку теплової енергії з можливістю інтерфейсного виходу.

Енергоефективна система матиме позитивний вплив лише у випадку її правильного підбору. Тому, для вибору необхідного обладнання, скористаємось вихідними даними, отриманими у навчальному закладі від дирекції (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Вихідні дані для розрахунку обладнання ТМ та теплового пункту

Тиск в подавальному трубопроводі	P1	0,8	-	МПа
Тиск в зворотному трубопроводі	P2	0,7	-	МПа
Температура води в подавальному трубопроводі	T1	95	-	°C
Температура води в зворотному трубопроводі	T2	70	-	°C
Температурний графік системи опалення	T11	77	T21	59
Теплове навантаження об'єкту	Q _{оп}		0,115	Гкал/год

Максимальна масова витрата мережевої води на опалення в опалювальний період розрахована за формулою 4.1, а об'ємна – за формулою 4.2:

$$G_{\text{оmax}} = \frac{Q_{\text{оmax}}}{(t_1 - t_2)} = \frac{0,115 \times 1000}{95 - 70} = 4,6 \text{ т/год}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{оmax}}$ – максимальне теплове навантаження на опалення, Гкал/год;

t_1 – температура води в подавальному трубопроводі теплової мережі, °C;

t_2 – температура води в зворотному трубопроводі теплової мережі, °C.

$$V_{\text{оmax}} = \frac{G_{\text{оmax}}}{\rho} = \frac{4,6}{0,978} = 4,782 \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.2)$$

де $\rho = 0,978 \text{ т/м}^3$ – густина води за температури 95 °C, т/м³.

За обрахованою витратою вибираємо діаметр попередньоізольованих труб Т1 та Т2 - Ø125/2x40x3,7 мм подвійні Austroisol PUR, PE-Xa, SDR11, замість раніше прийнятих одинарних гілок.

Для забезпечення безперебійної циркуляції води проектним рішенням є встановлення двох циркуляційних насосів (один – основний, інший – резервний) компанії Wilo. Виробник є лідером на ринку насосного обладнання в Україні та світі, а також пропонує безкоштовне обслуговування протягом гарантійного терміну для покупців. За рахунок насосної циркуляції до далеких стояків і нижніх опалювальних приладів буде доходити гаряча вода.

Для вибору необхідної марки насоса із запропонованого у каталозі обладнання, поставимо задачі, які повинен вирішувати вузол обв'язки насосів. Перш за все, має забезпечуватись автоматичний режим роботи, насос повинен бути простим у експлуатації та надійним. Циркуляційно – змішувальний насос з «мокрим» ротором, типу Yonos Махо 50/0,9-9 з перетворювачем частоти має всі характеристики, що впораються з поставленими задачами. Для вибору типу насоса скористалась онлайн – програмою підбору обладнання Wilo. Робоча точка циркуляційного насоса знаходиться в 2/3 частині номограми, тобто при роботі насос має запас, що забезпечить безперебійну його роботу.

Для підтримки температури води, що надходить в систему опалення в залежності від температури зовнішнього повітря встановлено автоматику компанії Siemens. Для підбору необхідного діаметру регулятора температури скористаємось наступною формулою:

$$K_v = \frac{v_{onmax}}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{4,782}{\sqrt{0,5}} = 6,76 \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (4.3)$$

де ΔP – втрата тиску на клапані (приймаємо $\Delta P = 0,5 \text{ кгс/см}^2$),

K_v – пропускна здатність регулятора температури, $\text{м}^3/\text{год}$.

Пропускна здатність регуляторів – величина стала, наведена у каталозі. Зазвичай регулятор (як температури, так і перепаду тиску) обирається того діаметру, який має найближче значення розрахованого K_v до табличного K_{vs} . Тип регулятора – VVG41.25 – 10 є регулятором 25 діаметру з пропускною здатністю

10 м³/год та характеризується швидким спрацюванням та невисокою ціною.

Для впевненості у правильності підбору використовують перевірку регуляторів перепаду – оцінюється відповідність діаметру вимогам швидкості [13] теплоносія на обладнанні та ступінь відкритості (не менше 30%).

$$V = \frac{4 \cdot 1000 \cdot v_{\text{onmax}}}{\pi \cdot 3,6 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1000 \cdot 4,782}{\pi \cdot 3,6 \cdot 0,025^2} = 2,71 \text{ м/с,} \quad (4.4)$$

де d – діаметр регулятора перепаду, м.

Ступінь відкриття X клапану визначається за формулою:

$$X = \frac{K_v}{K_{vs}} \cdot 100\% = 68\% \quad (4.5)$$

Основні умови виконуються, тому робимо висновок про правильність підбору регулятора температури.

Розрахунок регулятора перепаду тиску компанії Herz (рис. 4.9) проведемо аналогічно.

DN	15	20	25	32	40	50
Значення k_{vs}	2,6	4,2	5,3	7,1	12,4	12,4
Максимальний робочий тиск	16 бар					
Максимальний перепад тиску на клапані	4 бар					
Мінімальна робоча температура	2 °C (чиста вода); -20 °C (антифриз)					
Максимальна робоча температура	до DN 32: 130 °C DN 40-50: 110 °C					
Діапазон налаштування (див. таблицю вище)	50-150 кПа					
Якість води	Відповідно до ÖNORM H 5195 і VDI 2035. Допускається використання етилен- і пропіленгліколю у співвідношенні 25-50 % за об'ємом					

Рис. 4.9. Технічні характеристики регулятора перепаду тиску компанії Herz

Регулятор перепаду тиску фірми «Herz», з встановленням на зворотньому трубопроводі.

$$X = \frac{v_{on\max}}{\sqrt{\Delta P_{VHG}}} = \frac{4,782}{\sqrt{0,6}} = 6,17 \quad \text{м}^3/\text{год.} \quad (4.6)$$

де ΔP_{VHG} – тиск, який має втрачатися на регуляторі перепаду тиску (приймаємо, $\Delta P_{VHG} = 0,6 \text{ кгс/см}^2$).

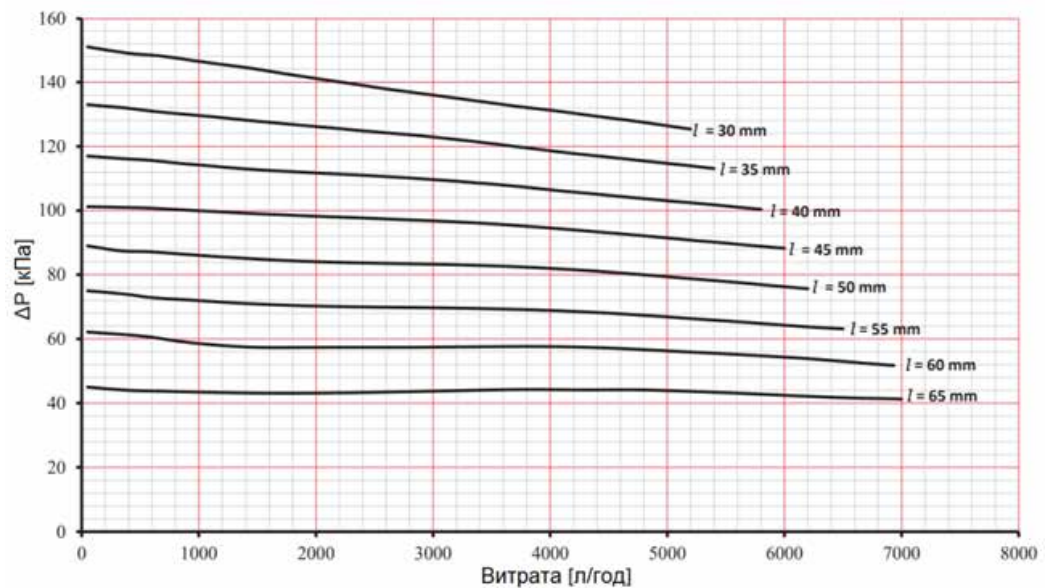


Рис. 4.10. Номограма для підбору регуляторів перепаду тиску компанії Herz

Згідно розрахованої пропускної здатності, обираємо регулятор Herz 1400234 діаметром Ду32, з пропускною здатністю регулятора $7,1 \text{ м}^3/\text{год}$.

Умови виконуються, регулятор підібрано вірно.

Моніторинг системи тепlopостачання є одним із найдієвіших способів контролю за споживанням теплоти. Більше того, встановлений вузол обліку теплоти дає можливість сплати лише за власне споживання, без націнок за ділянку, яка знаходиться поза межею балансової належності.

У школі здійснюється такий моніторинг, проте він не має можливості віддаленого зчитування. Пропонується заміна старого лічильника на новий, з можливістю інтерфейсного виходу. Компанія AxisIndustries давно зайняла позицію якісного виробника вузлів обліку теплової енергії за помірною ціною. Вибір вузла обліку здійснюється за фактичною витратою води. Тобто, при витраті мережевої води $4,782 \text{ м}^3/\text{год}$ найдоцільніше буде обрати лічильник

діаметру Ду25 з номінальною витратою, що дорівнює 6 м³/год.

Регулювання температури теплоносія в залежності від температурних умов надворі – один з найсучасніших та найдодатливіших методів енергозбереження. Це дає змогу виключати перегрів в теплі дні опалювального періоду і недотопи в холодні і дозволяє підвищити комфорт в будинку і додатково заощадити до 15% на опаленні [15] (рис. 4.7).



Рис. 4.11. Графік зниження перетопів за рахунок установки регулятора перепаду температури

Таким чином, при переведенні теплового у пункту у автоматичний режим, можемо говорити про абсолютне переключення робочих режимів в залежності від температури зовні та можливість моніторингу споживання, а отже, можливість економити.

Оскільки даним проектом передбачається підземне прокладання теплової мережі із використанням попередньоізольованих труб Т1 та Т2 - Ø125/2х40х3,7 мм подвійні Austroisol PUR, PE-Xa, SDR11 від існуючої котельні до споживачів з встановленням на мережі теплових камер, далі проведемо розрахунок вартості реалізації даного заходу. ТК-1 та ТК-2 для встановлення дренажних трубопроводів з відведенням води в дренажні колодязі ДК-1 та ДК-2. Труби з шитого поліетилену PE-Xa в гафрованому кожусі, які відповідають вимогам ДСТУ Б.В. 2.5-31: 2007, ДСТУ Б.В.2.7-143:2007.

Термін окупності модернізації складе:

$$T_{ок} = K_B/E, \quad (4.7)$$

де K_B – капітальні витрати по реалізації;

E – економія від модернізації системи теплопостачання, грн/рік.

Враховуючи те, що довжина ділянки теплових мереж, які підлягають заміні становить 148,5 п.м., а також вартість прийнятої Ø125/2х40х3,7 мм подвійної труби Austroisol PUR, PE-Xa, SDR11, яка складає 3,138 тис. грн/п.м., капітальні витрати на реалізацію проєкту становитимуть – 466 тис. грн.

Разом з тим, для безлоткового прокладання труби AustroISOL Ø125 мм зазвичай готують траншею глибиною 1,0–1,2 метра (нижче за рівень промерзання ґрунту) та шириною близько 0,4–0,5 метра. Обсяг виїмки ґрунту для траси завдовжки 148,5 м механізованим способом при вартості 400 грн/м.п. становитиме 59,4 тис. грн.

Інші дані по вартості теплової енергії та тривалості роботи системи теплопостачання зведені в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Техніко-економічні показники

Показник	Значення	Одиниці виміру
Довжина тепломережі	148,5	метри
Година роботи мережі на рік	4 224	години
Зниження втрат	65	Вт/м.пог.
Загальна економія потужності за годину	9,65	кВт
Річна економія теплової енергії	40 772	кВт·рік
Річна економія в тепловому еквіваленті	35,06	Гкал
Вартість 1 Гкал теплової енергії	3 568,65	грн
Річний економічний ефект (чистий прибуток)	125 108,80	грн/рік

Враховуючи дані таблиці 4.2 та раніше наведену інформацію щодо вартості матеріалів та робіт по облаштуванню теплової мережі з використанням

попередньоізолюваної $\varnothing 125/2 \times 40 \times 3,7$ мм подвійної труби Austroisol PUR, PE-Xa, SDR11, термін окупності проєкту становитиме:

$$T_{ок} = 525400 / 125108,8 = 4,2 \text{ роки.}$$

Висновки по розділу 4

Проведено аналіз доцільності та потенційну можливість використання попередньоізолюваних труб в системі теплозабезпечення дошкільного навчального закладу. Передбачається підземне прокладання теплової мережі із використанням попередньоізолюваних труб Т1 та Т2 - $\varnothing 125/2 \times 40 \times 3,7$ мм подвійні Austroisol PUR, PE-Xa, SDR11 від існуючої котельні до споживачів з встановленням на мережі теплових камер. Термін окупності проєкту при цьому склав у межах 4,2 роки.

ВИСНОВКИ

У ході виконання даної роботи було виконано ряд досліджень, зокрема здійснено та отримано наступне:

1. Дано опис об'єкта проєктування, визначено зони кліматичних умов та зведено експлуатаційні характеристики будівлі. Встановлено мінімальні значення щодо відповідності об'єкта проєктування діючим вимогам нормативних документів. Так, будівля відноситься до І «Північно-західний» архітектурно-будівельного кліматичного районування (згідно ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія») та І температурної зони.

2. Проведено розрахунок приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі. Так, для зовнішніх стін існуючої частини будівлі він становить $3,32 \text{ м}^2\text{K/Вт}$, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31, згідно умов п. 5.2.2. Визначено показники теплостійкості та повітропроникності огорожувальних конструкцій будівлі. Проведено оцінку вологісного режиму огорожувальних конструкцій зовнішніх стін. Встановлено відповідність огорожувальних конструкцій закладу діючим вимогам з енергоефективності.

3. Здійснено розрахунок теплових втрат на об'єкті та виконано побудову термограми частини непрозорої огорожувальної конструкції. Визначено помісячні та річні показники енергопотреб на опалення, гаряче водопостачання та охолодження будівлі ДНЗ. Встановлено, що за цим показником будівля відноситься до класу «В», оскільки питоме енергоспоживання будівлі становить 40 кВт год/м^3 , що суттєво нижче гранично допустимого значення 48 кВт год/м^3 для мінімально встановленого класу.

4. Проведено аналіз доцільності та потенційну можливість використання попередньоізольованих труб в системі теплозабезпечення дошкільного навчального закладу. Передбачається підземне прокладання теплової мережі із використанням попередньоізольованих труб Т1 та Т2 - $\varnothing 125/2 \times 40 \times 3,7$ мм подвійні Austroisol PUR, PE-Xa, SDR11. Термін окупності проекту при цьому склав у межах 4,4 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
2. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.
3. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
4. ДБН В.2.6-220~2017 Покриття будівель і споруд.
5. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією.
6. ДБН В.1.2-11:2021 Енергозбереження та Енергоефективність.
7. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячому водопостачанні.
8. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж. Будівельна кліматологія.
10. ДСТУ Б В.2.2-19:2007 Будинки і споруди. Метод визначення повітропроникності огорожувальних конструкцій в натурних умовах.
11. ДСТУ Н Б В.2.2-27:2010 Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення.
12. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Будинки і споруди. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель.
13. ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99) Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі.
14. ДСТУ Б В.2.6-34-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги.
15. ДСТУ Б В.2.6-35-2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим прошарком. Загальні технічні умови.

16. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

17. ДСТУ- Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та тепло засвоєння огорожувальних конструкцій.

18. ДСТУ- Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій.

19. ДСТУ- Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій.

20. ДСТУ Б В.2.7-182-2009 Будівельні матеріали Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах.

21. ДСТУ Б В.2.7-276-2011 Матеріали полімерні рулонні і плиткові для підлог. Метод визначення показника тепло засвоєння (ГОСТ 25609-83, MOD).

22. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT).

23. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура енергетичної оцінки систем будівель (EN 15459:2007, IDT).

24. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2007, IDT).

25. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT).

26. ДСТУ Б EN 15459:2014 Енергетична ефективність будівель. Процедура енергетичної оцінки систем будівель (EN 15459:2007, IDT).

27. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260 «Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель», зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 18 грудня 2020 р. за № 1257/35540.

28. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня

2020 року № 261 «Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель», зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 17 грудня 2020 р. за № 1254/35537.

29. UNEP. Waste-to-Energy: Considerations for Informed Decision-Making. 2019. URL: <https://www.unenvironment.org/ietc/resources/publication/waste-energy-considerations-informed-decision-making>.

30. Saveyn H., Eder P., Ramsay M., Thonier G., Warren K., Hestin M. Towards a better exploitation of the technical potential of waste-to-energy. EUR 28230 EN. 2016. DOI : 10.2791/870953.

31. Neuwahl Frederik, Cusano Gianluca, Benavides Jorge Gómez, Holbrook Simon, Roudier Serge. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. EUR 29971 EN. 2019. 764 p. DOI : 10.2760/761437.

32. Schorcht Frauke, Kourti Ioanna, Scalet Bianca Maria, Roudier Serge, Sancho Luis Delgado. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. 2013. 506 p. URL: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/CLM_Published_def_0.pdf.

33. Pedersen M.N. Co-firing of Alternative Fuels in Cement Kiln Burners. Technical University of Denmark. 2018. URL: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/files/161972551/808873_PhD_thesis_Morten_Nedergaard_Pedersen_fil_fra_trykkeri.pdf.

34. Refuse derived fuel, current practice and perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3). WRc, 2003. URL: <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/rdf.pdf>.

35. Khrunyk S. Bezpieczeństwo ekologiczne wykorzystania paliw alternatywnych z odpadów w przemyśle cementowym. *Dioksyny w przemyśle i środowisku* : IX Konferencja Naukowa, Kraków – Tomaszowice, 12–13.06.2008. Kraków : Wydawnictwo Naukowe Politechniki Krakowskiej, 2008. S. 110–117.

36. Саницький М.А., Марків Т.Є., Хруник С.Я., Круць Т.М., Рецько К.О. Використання альтернативного палива в цементній промисловості. *Теорія і практика будівництва. Вісник НУ «Львівська політехніка»*. 2007. № 600. С. 258–264.

37. Саницький М.А., Хруник С.Я., Марків Т.Є., Мазурак О.Т. Використання альтернативних палив у цементній промисловості. *Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. Львів : ЛьВЦНТЕІ, 2007. С. 152–156.

38. Плашихін С.В. Довідник з ресурсоефективного та чистого виробництва. Цементна промисловість. Київ : Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2020. 96 с. URL: http://www.recpc.org/wp-content/uploads/2020/03/Posibnik_CemProm_A5_prosm.pdf