

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту  
бакалавра

на тему **Аналіз енергоефективності громадської будівлі в с. Головач  
Полтавської області**

Виконав: студент 4 курсу,  
групи 201пНТ  
спеціальності  
144 Теплоенергетика  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
Мороз І.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Чернецька І.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою Голік Ю.С.  
(прізвище та ініціали)

# ЗМІСТ

ВСТУП .....	2
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ ТА НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ .....	3
2 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ...	6
3 ВИХІДНІ ДАНІ .....	19
3.1. Постановка задачі.....	19
3.2. Вимоги до громадської будівлі в с. Головач Полтавської області.....	25
4 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ .....	28
4.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни (без теплопровідних включень) .....	28
4.2 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції без теплопровідних включень.....	31
4.3 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни (з теплопровідними включеннями) .....	32
4.3 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції з теплопровідними включеннями.....	35
4.4 Визначення лінійних коефіцієнтів.....	36
4.5 Графік розподілу температури по перетину зовнішньої стіни.....	38
5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ ПЕРЕКРИТТЯ .....	42
6 ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ.....	48
7. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.	52
ВИСНОВКИ.....	57
ЛІТЕРАТУРА .....	58

					<b>401-НТ-19060-ДП.</b>			
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>П.І.Б.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Мороз</i>				<b>Аналіз енергоефективності громадської будівлі в с. Головач Полтавської області</b>	<i>Стадія</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник.</i>	<i>Чернецька</i>					<i>Н</i>	<i>1</i>	
<i>Н.контр.</i>	<i>Чернецька</i>					<b>НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра ТГВ та Т</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Голік Ю.С.</i>							

## ВСТУП

Рішення проблеми енергозбереження багато в чому визначає строки виходу України із тривалої економічної кризи. Максимальна економія енергії знижує залежність від країн-постачальників паливно-енергетичних ресурсів, зменшує енергоємність національних товарів. Будівельна галузь національної економіки є традиційно затратною в енергетичному відношенні. При цьому значні витрати енергії необхідні не тільки для створення об'єкту будівництва - будинку або споруди, але і на його експлуатацію протягом всього життєвого циклу.

Основними джерелами енергії є природні ресурси, такі як природний газ та тверді види палива. При їх спалюванні виділяється парниковий газ, який спричиняє руйнування озонового шару Землі. Економія природних ресурсів та їх раціональне використання є важливою частиною економічної політики України та заходів, направлених на збереження планети для наступних поколінь за рахунок захисту навколишнього середовища.

Великим резервом енергозбереження є зниження споживання енергоресурсів об'єктами громадського призначення. Першим кроком до зниження енергоспоживання будь-якої будівлі є визначення її існуючого стану. Відповідно була поставлена задача аналізу енергоефективності громадської будівлі в с. Головач Полтавської області.

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				2
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ В УКРАЇНІ ТА НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Існуючий фонд вітчизняних будинків в основному був створений у післявоєнні радянські роки, коли при проектуванні та будівництві будинків в першу чергу заощаджували початкові витрати, а енергетичні експлуатаційні витрати у розрахунках кінцевої ефективності приймалися як вторинні показники. Зміна технологічних умов опалення будинків, що обумовлена необхідністю максимального енергозбереження, привела до виникнення в масовому порядку дискомфортних умов експлуатації житлових будинків – наявності низьких температур повітря, підвищеної вологості, канцерогенних грибкових утворень на внутрішній поверхні конструкцій та у повітряному просторі приміщень. Ці питання вимагають негайного вирішення через їх велику соціальну значимість і при аналізі експлуатаційних властивостей будинків слід забезпечувати не енергозбереження, а енергоефективність.

Очікуване Україною входження до європейського простору передбачає прийняття загальноєвропейських правил та шляхів їх реалізації. Програмним напрямом розвитку є гармонізація національної нормативної бази з вимогами Євросоюзу щодо енергоефективності будівель, а також реалізація «Енергетичної стратегії України до 2030 р.» в будівельній галузі.

Нормативна база України в сфері енергоефективності представлена рядом державних будівельних норм ДБН і стандартів ДСТУ. Вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій та порядок їх розрахунку для забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів та забезпечення оптимальних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату в приміщеннях викладено в:

- 1) ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»;

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				3
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) ДБН В 2.2-9-1999 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення»

Вимоги до інженерних систем викладені в ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування» та ДБН В.2.5-64:2012 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво».

Державні стандарти України з енергоефективності представлені наступними документами:

- 1) ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Енергоефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель» - є основою для складання рейтингу енергоефективності;
- 2) ДСТУ Б EN 15316-1:2011 «Системи теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1 і 2»;
- 3) ДСТУ Б EN 15603:2012 «Енергоефективність будівель. Загальне енергоспоживання і визначення енергетичних рейтингів»;
- 4) ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергоефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні і гарячому водопостачанні»;

Нормативна документація в Україні постійно вдосконалюється, а вимоги з енергоефективності будівель стають дедалі вищими й наближаються до показників Європейського союзу. Вимоги останньої редакції ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» встановлюють досить високу планку енергоефективності огорожуючих конструкцій, що є запорукою істотного збереження енергетичних ресурсів.

У ДБН В.2.6-31:2021 зроблено подальший акцент на проектуванні будівель як єдиного енергетичного комплексу, що включає теплоізоляційну оболонку, та систему кліматизації будівлі, яка нормується ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та базується на свою розвинуту систему стандартів. Якщо у ДБН В.2.6-31:2006 нормувалося лише питоме

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				4
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоспоживання на опалення, то у новій редакції вимагається оцінювати показник енергоефективності будівлі з її питомого енергоспоживання на опалення та охолодження, метод розрахунку якого надається у ДСТУ 9190:2022. Надано нормативні числові значення питомого енергоспоживання для різних за призначенням будівель у температурних зонах України. Для цивільних будівель заввишки до трьох поверхів і підприємств торгівлі нормативні показники представлені в залежності від коефіцієнта компактності, оскільки ця група будівель має великий розкид значень висот приміщень.

При реконструкції будівель передбачено використовувати підвищувальний коефіцієнт (до 1,25) до значення нормативної величини. Таким чином, до існуючих будівель пред'являються менш жорсткі вимоги, ніж до будівель нового будівництва. Це викликано тим в таких будівлях централізоване охолодження, як правило, відсутнє, а у нормативній величині енергопотреби в якості доданка є параметр потреби в охолодженні, який знижує показник класу енергоефективності.

Запропоновано нормативні значення повітрообміну (м<sup>3</sup>/ч) при різниці тиску 50 Па. Показник повітрообміну пов'язаний із витратами енергії на нагрів повітря при інфільтрації і вентиляції, які можуть бути визначені експериментально. При цьому обов'язковою умовою є підтримка санітарно-гігієнічних характеристик повітря.

Діюча нормативна база з енергоефективності в Україні включає також наступні документи:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель»
2. Методика визначення енергетичної ефективності будівель (наказ Мінрегіону від 11.07.2018 №169 ) зі змінами.
3. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель (Наказ Міністерства розвитку громад та територій України 27 жовтня 2020 року № 260)
4. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				5
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Сертифікація енергетичної ефективності - це процес, який включає аналіз інформації про фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівель. В цьому процесі також оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель. Результатом сертифікації є надання рекомендацій щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель з урахуванням місцевих кліматичних умов. Ці рекомендації базуються на технічних і економічних обґрунтуваннях.

Сертифікація енергетичної ефективності обов'язкова для:

1) об'єктів будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту), що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми (СС2) та значними (СС3) наслідками, що визначаються відповідно до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності";

2) будівель державної власності з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, які часто відвідують громадяни і у всіх приміщеннях яких розташовані органи державної влади;

3) будівель з опалюваною площею понад 250 квадратних метрів, у всіх приміщеннях яких розташовані органи місцевого самоврядування (у разі здійснення ними термомодернізації таких будівель);

4) будівель, в яких здійснюється термомодернізація, на яку надається державна підтримка та яка має наслідком досягнення класу енергетичної ефективності будівлі не нижче мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівлі.

Сертифікація енергетичної ефективності об'єктів будівництва здійснюється на замовлення та за рахунок замовника.

У разі укладення договорів купівлі-продажу, найму (оренди) будівлі, житлового або нежитлового приміщення будівлі продавець або наймодавець

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				6
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(орендодавець) на вимогу потенційного покупця або наймача (орендаря) має надати інформацію про енергетичний сертифікат будівлі (у разі якщо сертифікація енергетичної ефективності є обов'язковою та/або проведеною) або повідомити про відсутність такого сертифіката.

Сертифікація енергетичної ефективності будівель, що не підлягають обов'язковій сертифікації, здійснюється за рішенням власника (співвласників).

У випадку, коли термомодернізація будівлі фінансується за рахунок державної підтримки шляхом реконструкції або капітального ремонту, сертифікація енергетичної ефективності будівлі проводиться під час розроблення проектної документації на будівництво.

Після проведення сертифікації енергетичної ефективності будівлі, формується енергетичний сертифікат. Це електронний документ, який має встановлену форму. В енергетичному сертифікаті вказуються показники та клас енергетичної ефективності будівлі, а також надаються рекомендації щодо підвищення її енергетичної ефективності згідно з встановленими законодавством процедурами. Додатково, сертифікат містить іншу інформацію про будівлю та її окремі частини, для яких сертифіковано енергетичну ефективність.

Витяг з енергетичного сертифіката, який включає клас та інші показники енергетичної ефективності будівлі, повинен бути розміщений у легкодоступному місці в будівлі, яку часто відвідують громадяни, та сертифікація енергетичної ефективності якої є обов'язковою згідно з Законом України "Про енергетичну ефективність будівель". Енергетичні сертифікати для бюджетних установ також публікуються на їх офіційних веб-сайтах.

Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та форма енергетичного сертифіката затверджуються центральним органом виконавчої влади, що відповідає за формування державної політики у сфері будівництва.

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				7
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому порядку встановлюються вимоги щодо процедури збору та обробки інформації, яка стосується фактичних або проектних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем.

Крім того, проводиться оцінка відповідності розрахункового рівня енергетичної ефективності будівлі встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності. При цьому порівнюються фактичні характеристики будівлі з встановленими нормативами та вимогами.

Також розробляються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі. Ці рекомендації повинні бути обґрунтовані технічно та економічно, а також враховувати місцеві кліматичні умови.

Ці вимоги до процедури сертифікації енергетичної ефективності встановлюються з метою забезпечення точності, надійності та об'єктивності оцінки енергетичної ефективності будівлі та надання конкретних рекомендацій щодо її поліпшення.

Інформація, яка необхідна для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, встановлюється на підставі проектної документації на будівлю згідно з вимогами ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» зі змінами. У випадку відсутності проектної документації відповідні дані визначаються за результатами виявлення фактичного стану будівлі.

Інформацією, необхідною для розрахунків показників енергетичної ефективності будівель, є:

- 1) місцеві кліматичні умови;
- 2) функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі (характеристики стінових огорожувальних конструкцій, конструкцій покриття, конструкцій перекриття, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, зовнішніх дверей);
- 3) геометричні параметри будівлі та визначені фактичні значення (загальна площа і площа за сторонами світу відповідних зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, їх товщина, кондиціонована

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				8
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(опалювана) площа, кондиціонований (опалюваний) об'єм, об'єм, призначений для вентиляції, середня висота приміщення);

4) нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі;

5) наявність приміщень з різним функціональним призначенням у складі будівлі, фактичні значення кондиціонованої площі, кондиціонованого об'єму та об'єму для вентиляції таких приміщень;

6) конструктивні особливості та геометричні параметри світлопрозорих огорожувальних конструкцій, матеріал плетіння, тип скління, наявність сонцезахисних пристроїв, значення розрахункової теплопровідності;

7) показники приведенного опору теплопередачі непрозорих та світлопрозорих огорожувальних конструкцій;

8) розрахункові значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон;

9) внутрішні теплонадходження;

10) сонячні теплонадходження;

11) дані щодо інженерних систем будівлі:

- інформація про встановлені в будівлі засоби обліку споживання теплової та електричної енергії, використання газу або інших джерел енергії;

- інформація щодо використання відновлюваних джерел енергії чи способів рекуперації тепла, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця або застосування когенерації з установленням характеристик та об'ємів застосування і показників корисної дії;

12) для систем опалення:

- вид системи опалення (гідравлічна, електрична, повітряна);

- гідравлічне налагодження системи (двотрубна, однотрубна, однотрубна з постійним гідравлічним режимом, однотрубна із змінним гідравлічним режимом);

- тип регулювання температури повітря приміщення, температурний напір; специфічні тепловтрати через зовнішні огороження, специфічні тепловтрати через прилеглі до опалювальних панелей поверхні;

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				9
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тип системи опалення (підлогова, стінова, стельова);
- електроопалення (пряме, акумуляційне, акумуляційне з регулюванням) конфігурація повітряного опалення;
- технічні параметри системи розподілення (ізоляція трубопроводів, запірно-регулювальна арматура, тип регулювання та рівень регулювання насоса);
- параметри генерації та вид енергоносія (природний газ, мазут, вугілля, дерев'яні пелети, дерев'яна щепа);

13) для систем охолодження:

- тип вентилятора;
- тип компресора;
- холодоагент;
- наявність системи попереднього охолодження;
- наявність доводчиків;
- клас системи управління;

14) для систем постачання гарячої води:

- тип системи (без циркуляційного контуру, зі статично збалансованими циркуляційними стояками, з автоматично збалансованими за температурою води циркуляційними стояками);
- технічні параметри розподілення (кількість секцій, довжина трубопроводу, лінійний коефіцієнт теплопередачі трубопроводів, середня температура гарячої води у секції трубопроводу);
- місячний або річний період користування, кількість робочих циклів на день, період циркуляції, водорозбір;

15) для систем вентиляції:

- вид механічної вентиляції (збалансована, децентралізована, інша);
- питома потужність вентиляторів;
- наявність систем осушення, зволоження повітря, нічного охолодження, рекуперації тепла;

16) для систем освітлення:

- кількість ламп, їх тип та потужність;

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				10
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі;
- 17) нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та елементів;
- 18) енергетичний баланс будівлі.

Для розрахунку показників енергетичної ефективності будівель необхідно зібрати і проаналізувати наступну інформацію:

- площа зовнішніх огорожувальних конструкцій: Визначається за внутрішніми розмірами будівлі згідно з проектною документацією. Якщо така документація відсутня, площа зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається шляхом вимірювання периметра зовнішніх стін вздовж внутрішньої поверхні та висоти будівлі.

- загальна площа зовнішніх стін: Визначається як добуток периметра зовнішніх стін за внутрішньою поверхнею на внутрішню висоту будівлі. При цьому враховуються площа віконних і дерев'яних прорізів в стінах. Площа зовнішніх стін (непрозорої частини) обчислюється як різниця між загальною площею зовнішніх стін і площею вікон і зовнішніх дверей.

- площа горизонтальних зовнішніх огорожувальних конструкцій: Визначається як площа поверху будівлі, обмежена внутрішніми поверхнями зовнішніх стін. Для похилих поверхонь стелі останнього поверху площа покриття або горищного перекриття визначається як площа внутрішньої поверхні стелі.

- дані щодо опалюваної площі визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалювана площа визначається як площа поверхів (у тому числі мансардного, опалюваного цокольного й підвального) будинку, яка вимірюється в межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, включаючи площу, що займають перегородки й внутрішні стіни. В опалювану площу включаються опалювані сходові клітки, ліфтові та інші шахти з урахуванням їх площі на рівні кожного поверху. В опалювану площу будинку не включаються площі теплих горищ і техпідпілля,

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				11
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неопалюваних технічних поверхів, підвалу (підпілля), холодних неопалюваних веранд, сходових клітин, а також холодного горища або його частини, не зайнятої під мансарду. При визначенні площі мансардного приміщення житлового будинку враховують площу цього приміщення з висотою похилої стелі не менше 1,5 м при нахилі 30 град. до горизонту; 1,1 м при 45 град.; 0,5 м при 60 град. і більше. Площу приміщення з меншою висотою враховують у загальній площі з коефіцієнтом 0,7;

- дані щодо опалюваного об'єму визначаються відповідно до наявної проектної документації. У разі її відсутності опалюваний об'єм визначається як добуток опалюваної площі поверху на внутрішню висоту, що вимірюється від поверхні підлоги першого поверху до поверхні стелі останнього поверху. У разі складних форм внутрішнього об'єму будинку опалюваний об'єм визначається як об'єм простору, що обмежений внутрішніми поверхнями зовнішніх огорожувальних конструкцій (стін, покриття або горищного перекриття, цокольного перекриття). Для підземних автостоянок опалюваний об'єм обмежується перекриттям над автостоянкою;

при визначенні параметрів складових елементів огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будівлі для термічно однорідних огорожувальних конструкцій і термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій визначають кількість шарів матеріалу, у тому числі його тип, модифікацію, густину та вологість;

вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальних конструкціях визначаються відповідно до ДБН В.2.6-31;

показники приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій визначаються відповідно ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будинків» та відповідно ДСТУ EN ISO 10077-1:2022 (EN ISO 10077-1:2017, IDT; ISO 10077-1:2017, Corrected version 2020-02, IDT) – для світлопрозорих огорожувальних конструкцій;

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				12
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для віконних конструкцій будівель, які мають коефіцієнт скління фасаду не більше 0,2 і при цьому відносна кількість змінених у процесі експлуатації будівлі віконних конструкцій не перевищує 50 %, приведений опір теплопередачі може прийматися однаковим для всіх віконних конструкцій; при визначенні розрахункового значення усередненої за часом витрати повітря для будівлі або її кондиціонованих зон за відсутності проектних даних у необхідному обсязі значення усередненої за часом витрати повітря встановлюються за нормативними вимогами до кратності повітрообміну, що діяли на час їх проектування;

внутрішні теплонадходження будівлі визначаються згідно з ДСТУ 9190:2022

Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні; сонячні теплонадходження будівлі визначаються згідно з ДСТУ 9190:2022; місцеві кліматичні умови визначаються згідно з розділами 5, 6 та 9 ДСТУ-Н Б В.1.1- 27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»;

нормативні санітарні та мікрокліматичні умови приміщень будівлі визначаються відповідно до вимог нормативних актів залежно від функціонального призначення будівлі. Допускається визначати розрахункові показники мікроклімату та критерії локального теплового комфорту згідно з розділами 5-7 та додатками А, В, F, G ДСТУ Б EN 15251:2011 «Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT)», розділами 5-8 та додатком А ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 «Енергоефективність будинків.

Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження» (EN ISO 13790:2008, IDT), розділом 13 ДСТУ Б А.2.2-12;

нормативний строк експлуатації огорожувальних конструкцій та елементів встановлюється відповідно до вимог ДБН В.2.6-31, підрозділу 6.10 розділу 6 ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				13
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації». Нормативний строк експлуатації інженерних систем встановлюється відповідно до технічної документації залежно від їх виду та типу;

енергетичний баланс будівлі складається відповідно до ДСТУ 9190:2022; функціональне призначення, архітектурно-планувальне та конструктивне рішення будівлі визначають згідно з проектною документацією чи документацією, складеною за результатами технічної інвентаризації, або паспортом об'єкта, який складається відповідно до вимог Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 квітня 2017 року № 257;

при складанні енергетичного балансу будівлі використовуються геометричні, теплотехнічні дані огорожувальних конструкцій та їх елементів з урахуванням розташування та орієнтації огорожувальних конструкцій, енергетичні характеристики інженерних систем, що визначені відповідно до проектної документації чи паспорта об'єкта або при з'ясуванні фактичного стану будівлі;

використання відновлюваних джерел енергії, пасивних сонячних систем та систем захисту від сонця, а також енергії, виробленої шляхом когенерації, їх вплив на показники енергоефективності будівель враховуються згідно з ДСТУ 9190:2022, розділами 11-14 та додатком Е ДСТУ Б EN ISO 13790, додатком Г ДСТУ Б EN 15603:2013 «Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки» (EN 15603:2008, IDT).

Отримані результати розрахунку показників енергетичної ефективності будівель, показників теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, показників енергетичної ефективності інженерних систем порівнюють з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель відповідно до статті 6 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», вимогами ДБН В.2.6-31, ДБН В.2.6-33 до теплотехнічних

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				14
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристик огорожувальних конструкцій та вимогами до енергетичної ефективності інженерних систем (у тому числі обладнання) будівель. За результатами порівняння пропонуються рекомендації з підвищення енергоефективності будівлі, що наводяться в енергетичному сертифікаті будівлі, для забезпечення дотримання мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. Забезпечення вищого класу енергоефективності розглядається у рекомендаціях з підвищення енергоефективності будівлі за згоди замовника сертифікації.

Рекомендації розробляються на підставі визначеної структури енерговитрат будівлі і залежно від значень складових встановлюються пріоритетні заходи із скорочення таких енерговитрат.

Обсяг та перелік енергозберігаючих заходів визначаються на підставі виду енергії, яку використовують інженерні системи будівлі, що є комбінацією всіх доставлених енергоносіїв та відновлюваної енергії, що виробляється на території будівлі.

Рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель повинні враховувати місцеві кліматичні умови та бути технічно й економічно обґрунтованими.

Форма та зміст енергетичного сертифіката будівлі

Енергетичний сертифікат будівлі складається в електронній формі.

В енергетичному сертифікаті зазначається така інформація:

- 1) адреса (місцезнаходження) будівлі
- 2) відомості про функціональне призначення та конструкцію будівлі
- 3) фотографічне зображення фасаду будівлі;
- 4) шкала класів енергетичної ефективності.

Навпроти відповідного показника класу енергетичної ефективності зазначається числове значення показника цього класу відповідно до вимог статті 5 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель», кВт×год/м<sup>2</sup> або кВт×год/м<sup>3</sup>;

- 5) клас енергетичної ефективності;

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				15
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6) питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі – показник питомого енергоспоживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, визначений за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, із зазначенням числового показника та одиниць вимірювання, кВт×год/м-2 або кВт×год/м-3;

7) питоме споживання первинної енергії – графічне кольорове та цифрове позначення шкали рівнів споживання енергії, на якій стрілкою позначається рівень споживання первинної енергії будівлею, визначений за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі, кВт×год/м-2;

8) питомі викиди парникових газів – графічне кольорове та цифрове позначення;

9) серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора, який склав енергетичний сертифікат;

10) фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій – дані щодо геометричних та теплофізичних характеристик окремих огорожувальних конструкцій, визначені проектною документацією або за результатами сертифікації енергетичної ефективності будівлі;

11) опис технічного стану огорожувальних конструкцій - опис виявлених при здійсненні сертифікації енергетичної ефективності недоліків конструкцій та характеристика їх технічного стану;

12) показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

13) енергоспоживання будівлі – дані щодо розрахункового та фактичного обсягів споживання енергії будівлею на рік;

14) причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних – дані, визначені під час сертифікації енергетичної ефективності будівлі, які впливають на розбіжність між розрахунковими та фактичними показниками споживання будівлі;

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				16
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15) річне енергоспоживання будівлі - секторна діаграма річного енергоспоживання будівлі з розподілом на відповідні види річного енергоспоживання будівлі;

16) фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі – дані про інженерні системи будівлі, визначені під час сертифікації енергетичної ефективності будівлі;

17) рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності - дані про заходи для забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівлі, виконання яких дасть змогу показникам огорожувальних конструкцій та інженерних систем будівлі досягти рівня не нижче мінімального, встановленого вимогами. Детальні відомості, зазначені в енергетичному сертифікаті, включаючи економічну ефективність викладених рекомендацій, наводяться у рекомендаційному звіті;

18) додатково зазначається інформація про можливість отримання більш детальних відомостей, зазначених у сертифікаті, включаючи інформацію про економічну ефективність викладених у сертифікаті рекомендацій щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності будівель та/або їх відокремлених частин. Така інформація може міститись у рекомендаційному звіті.

Розмір сертифіката залежить від обсягу інформації.

Форма витягу з енергетичного сертифіката наведена на рис. 1.

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				17
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Функціональне призначення та назва:

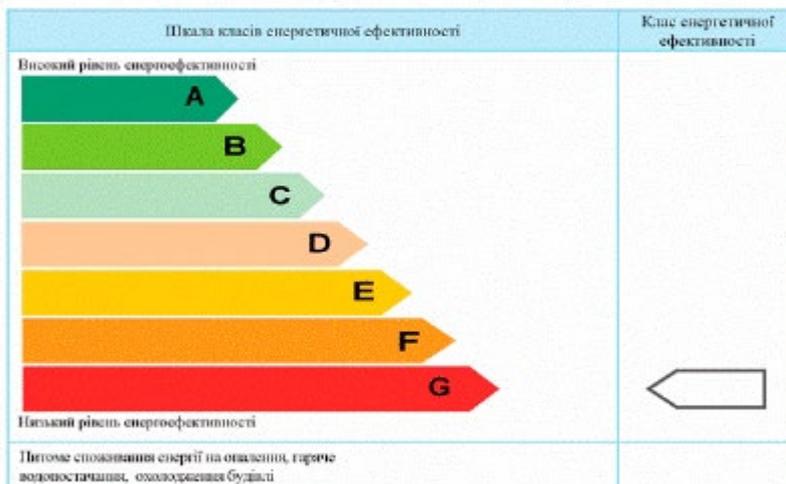
Відомості про конструкцію будівлі:

опалювана площа, м<sup>2</sup>:

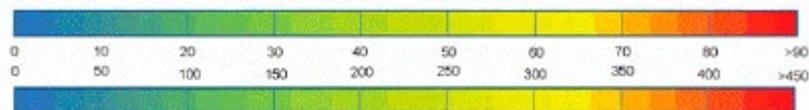
опалюваний об'єм, м<sup>3</sup>:

кількість поверхів:

рік прийняття в експлуатацію:



Питоме споживання первинної енергії, кВт х год/м<sup>2</sup> за рік:



Питомі викиди парникових газів, кг/м<sup>2</sup> за рік:

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора:

Рисунок 1 – Загальний вигляд витягу з енергетичного сертифікату

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				18
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ВИХІДНІ ДАНІ

### 3.1. Постановка задачі

З огляду на велику трудомісткість складання енергетичного сертифікату в рамках дипломної роботи коло завдань було обмежене визначенням основних показників енергетичної ефективності громадської будівлі:

- загальний і приведений коефіцієнти теплопередачі теплоізоляційної оболонки,
- умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій,
- середня кратність повітрообміну за опалювальний період,
- питомі теплові витрати на опалення будинку за опалювальний період,
- клас енергетичної ефективності будівлі.

Об'єктом дослідження обрано одна з двох існуючих у с. Головач громадських будівель – загальноосвітню середню школу.

Загальний вигляд об'єкту дослідження було зафіксовано під час натурального обстеження й представлено на рис. 2-5.



Рисунок 2 – Фасад

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				19
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3 – Фасад

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				20
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4 – Фасад

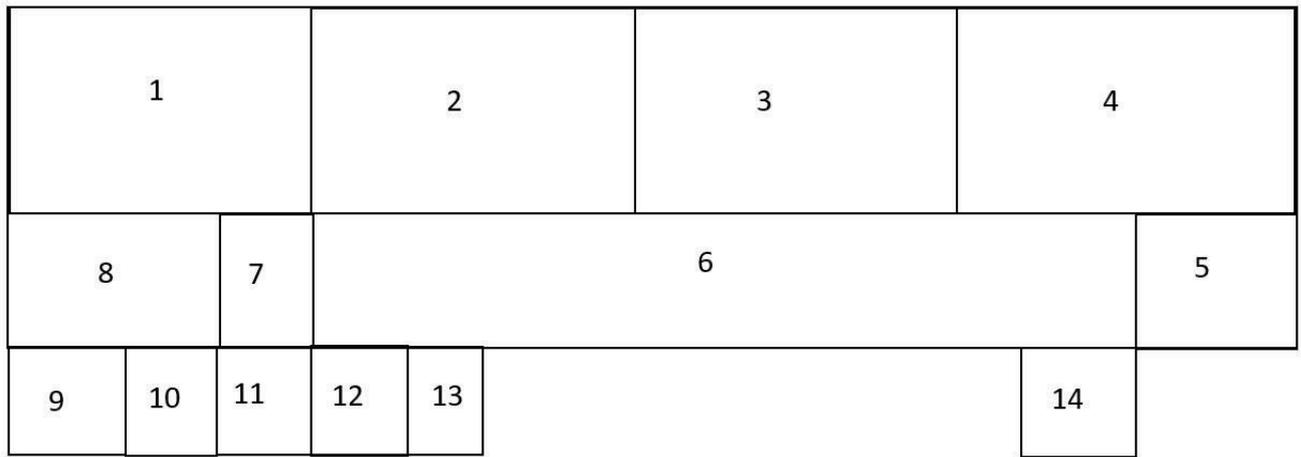


Рисунок 5 – Фасад

План будівлі та експлікація приміщень показано на рис. 6 та 7 відповідно.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				21
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
Зм	Арк.	Чернецька	Підпис	Дата		22
		№ докум.				



<b>№ П/П</b>	<b><u>НАЗВА ПРИМІЩЕННЯ</u></b>	<b>ПРИМІТКИ</b>
1	Класна кімната	2 вікна
2	Класна кімната	3 вікна
3	Класна кімната	2 вікна
4	Класна кімната	3 вікна
5	Кабінет <u>медсестри</u>	1 вікно
6	Коридор	3 вікна
7	Коридор	-
8	Учительська	1 вікно
9	Кабінет директора	1 вікно
10	Кабінет завуча	1 вікно
11	Коридор	Вхідні двері
12	Туалет	Маленьке вікно (900x500)
13	<u>Теплогенераторна</u>	Вхід окремо з вулиці
14	Коридор	Вхідні двері (запасний вихід)

Рисунок 7 – Експлікація приміщень та схема їх розташування

Фото елементів заповнення прорізів показано на рисунку 8.

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				23
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 8 – Елементи заповнення прорізів

Школа побудована з цегли, товщина стін – 510 мм. Додаткова теплоізоляція відсутня. Склопрозорі конструкції будівлі – це металопластикові вікна зі склопакетами, двері – металеві неутеплені.

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				24
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2. Вимоги до громадської будівлі в с. Головач Полтавської області

На основі детального вивчення вимог діючих стандартів та правил, зокрема ДБН В.2.6-31:2021 [3] та ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [4], можна сформулювати наступні вимоги до житлового будинку в с. Головач:

- с. Головач відноситься до I температурної зони із ГСОП > 3501 (рис. 9);
- розрахункова температура для теплотехнічних розрахунків –  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- нормативне значення температури в школі:  
 $t_{\text{вн}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- розрахункова температура для опалення -  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- середня зовнішня температура за опалювальний період для м. Головач прийнята для умов м. Полтава й дорівнює  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- тривалість опалювального періоду – 178 діб
- мінімальний опір теплопередачі зовнішніх стін  $R_{q \text{ min}} \geq 4,0\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;
- мінімальний опір теплопередачі вікон  $R_{q \text{ min}} \geq 0,9\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;
- мінімальний опір теплопередачі входних дверей  $R_{q \text{ min}} \geq 0,7\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;
- мінімальний опір теплопередачі перекриття над неопалюваним підвалом  
 $R_{q \text{ min}} \geq 5\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;
- мінімальний опір теплопередачі горищного перекриття  $R_{q \text{ min}} \geq 6\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;
- допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\Delta t_{\text{сг}}$ , стіни –  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , горище –  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , підлога –  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				25
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 9 – Температурні зони України за ДБН В.2.6-31:2021

Крім наведених параметрів до громадської будівлі висуваються також наступні вимоги:

- забезпечення повітрообміну приміщень;
- забезпечення належного рівня освітленості;
- теплоізоляційні матеріали, що використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам ДБН 6.6.1-6.5.001, ДБН В.1.4-0.01, ДБН В.1.4-0.02, ДБН В.1.4-2.01 та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України;
- теплоізоляційна оболонка повинна відповідати вимогам пожежної безпеки за ДБН В.1.1-7.

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				26
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення наведених вимог повинен застосовуватися наступний тип вікон:

- 3-камерні профілі, рама 60 мм з 2-камерними склопакетами, що мають енергозберігаюче напилення на два скла і заповнення газу в обидві камери (4i-12Ar-4-12Ar-4i) –  $R = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Для вхідних дверей наведеним вимогам відповідають металопластикові двері:

- із 3-камерною профільною системою, рама 60 мм, що має 1-камерний склопакет з енергозберігаючим напиленням (4-16-4i) –  $R = 0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Нормативні значення опору теплопередачі стін, горищного та підвального перекриття можна забезпечити за рахунок додаткового утеплення досить широким асортиментом теплоізоляційних матеріалів, необхідна товщина яких визначається окремим розрахунком залежно від теплотехнічних характеристик обраного матеріалу.

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				27
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 4 ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Теплотехнічний розрахунок огороджуючих конструкцій виконаємо за вказівками ДБН В.2.6-31:2021 та ДСТУ 9191:2022.

### 4.1 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни (без теплопровідних включень)

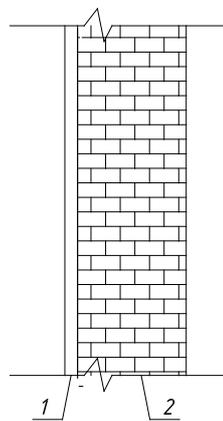
За таблицею Б.2 [1] визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря –  $\theta_{int} = 20^{\circ}\text{C}$

За таблицею Б.2 [1] визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря –  $\varphi_{int} = 50\%$

За таблицею Б.1 [1] визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За таблицею Б.3 [1] визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальній конструкції – Б;

Переріз існуючої стіни наведено на рис. 10.



1 - штукатурка;  
2 - цегла , 510мм.

Рисунок 10 – Схема зовнішньої стіни

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				28
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 - Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці	Теплопровідність, Вт/(м·К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,020	0,8
2	Цегла	0,510	0,81

Визначаємо опір теплопередачі термічно однорідної огорожувальної конструкції за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^I R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{1}{h_{se}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,8} + \frac{0,510}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $d_1, d_2$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}$  – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, Вт/(м·К).

$h_{si}, h_{se}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·К), які приймаємо згідно дод. Б [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$h_{si} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}; h_{se} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ ;

Виконаємо розрахунок цієї ж стіни з утеплювачем. Новий переріз стіни наведено на рис. 11.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				29
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

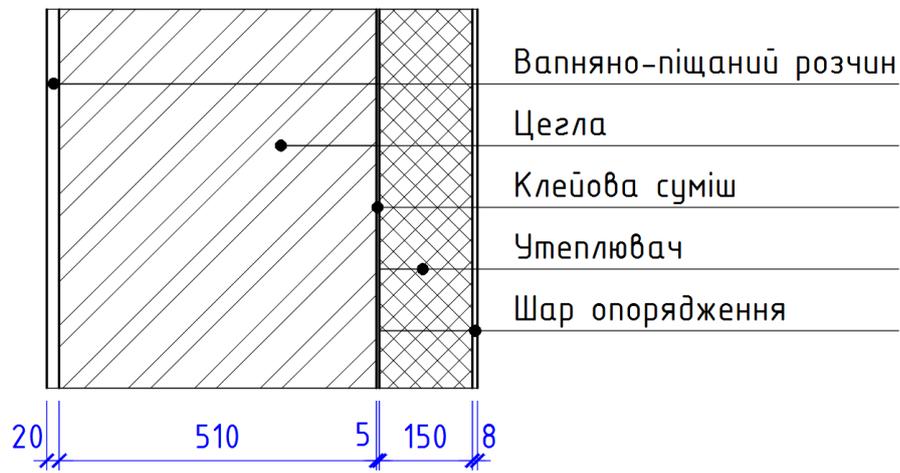


Рисунок 11 – Переріз стіни

Теплопровідність шарів огорожувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 [11].

Товщина та теплопровідність шарів огорожувальної конструкції наведена у табл. 2.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огороження.

Таблиця 2 - Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці	Теплопровідність, Вт/(м·К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,020	0,81
2	Цегла	0,510	0,81
3	Клейова суміш	0,005	0,93
4	Утеплювач	0,150	0,049
5	Шар опорядження	0,008	0,93

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				30
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції без теплопровідних включень.

За табл. 1 [1] визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції  $R_{q\ min} = 4,0\ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Визначаємо опір теплопередачі термічно однорідної огорожувальної конструкції за формулою

$$d_4 = \lambda_{4p} \left( R_{q\ min} - \frac{d_1}{\lambda_{1p}} - \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{d_3}{\lambda_{3p}} - \frac{d_5}{\lambda_{5p}} - \frac{1}{h_{si}} - \frac{1}{\alpha_3} \right) =$$

$$= 0,049 * \left( 4 - \frac{0,02}{0,81} - \frac{0,510}{0,81} - \frac{0,005}{0,93} - \frac{0,08}{0,93} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) = 0,151\ \text{м}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$  – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

$h_{si}, h_{se}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , які приймаємо згідно дод. Б [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$$h_{si} = 8,7\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); h_{se} = 23\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_4 = 0,16\ \text{м}$ .

Визначаємо опір теплопередачі з прийнятою товщиною утеплювача за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^i R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{d_3}{\lambda_{3p}} + \frac{d_4}{\lambda_{4p}} + \frac{d_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{h_{se}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,510}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,16}{0,049} + \frac{0,08}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,17\ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 4,17\ \text{м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{q\ min} = 4,0\ \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  то умова за формулою (4) [1] виконується. Визначена товщина утеплювача  $d_4 = 0,16\ \text{м}$  достатня.

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				31
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни (з теплопровідними включеннями)

Фрагмент фасаду з розрахунковою ділянкою наведено на рис. 12.

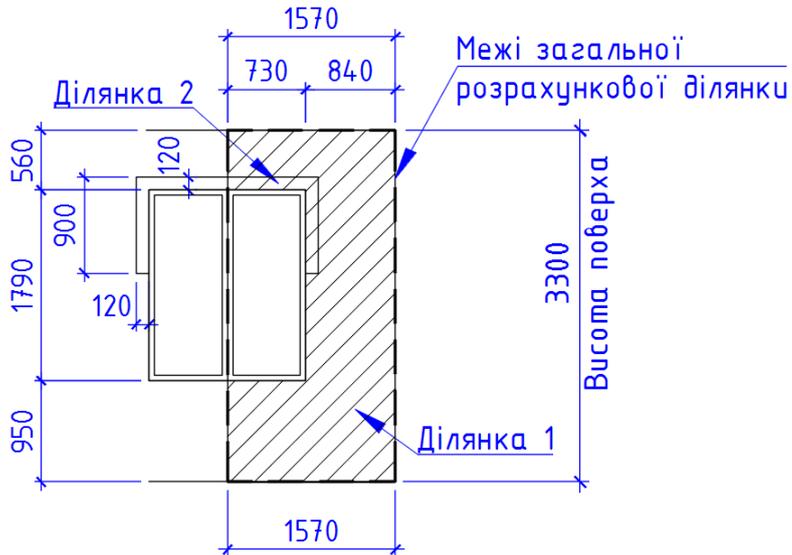


Рис. 12 - Фрагмент фасаду з розрахунковою ділянкою

Цей розрахунок виконаємо одразу з урахуванням доданого утеплювача. Перерізи стіни по ділянці 1 та 2 наведено на рис. 13.

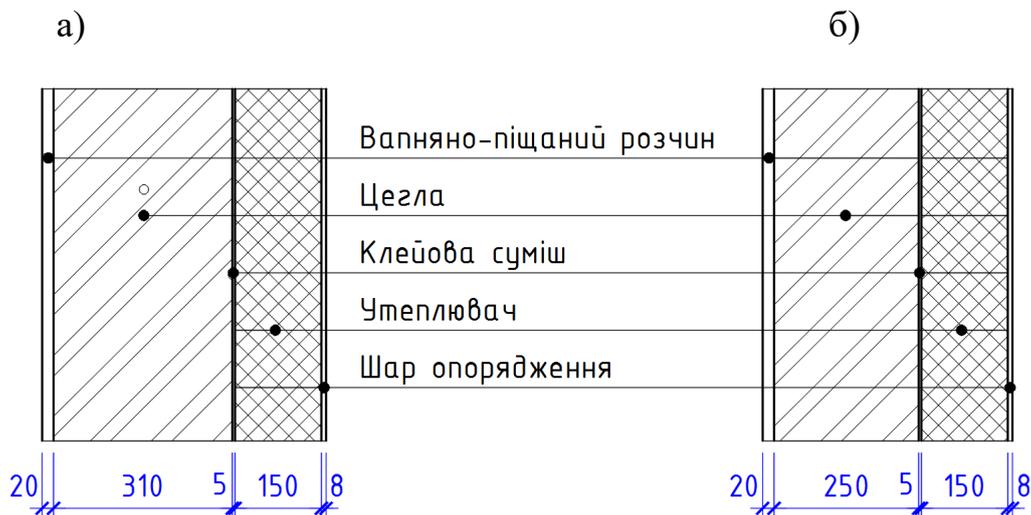


Рис. 13 - Переріз стіни по: а) ділянці 1; б) ділянці 2

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				32
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За табл. Б.2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.] визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря –  $\theta_{int} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

За табл. Б.2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.] визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря –  $\varphi_{int} = 50\%$

За табл. Б.1 [Ошибка! Источник ссылки не найден.] визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За табл. Б.3 [Ошибка! Источник ссылки не найден.] визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальній конструкції – Б;

Теплопровідність шарів огорожувальної конструкції приймаємо за табл. А.1 додатку А [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Товщина та теплопровідність шарів огорожувальної конструкції наведена у табл. 3.

Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огороження.

Таблица 3 - Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Товщина, м, по ділянці		Теплопровідність, Вт/(м·К)
		1	2	
1	Вапняно-піщаний розчин	0,020		0,81
2	Цегла	0,310	0,250	0,81
3	Клейова суміш	0,005		0,93
4	Утеплювач	0,150		0,049
5	Шар опорядження	0,008		0,93

Визначаємо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорій огорожувальної конструкції за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i \frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_m (I_m \cdot \psi_m) + \sum_j (N_j \cdot \chi_j)} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{F_2}{R_{\Sigma 2}} + I_1 \cdot \psi_1 + I_2 \cdot \psi_2 + I_3 \cdot \psi_3 + N_1 \cdot \chi_1} =$$

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				33
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4,69

$$= \frac{3,68}{3,64} + \frac{0,2}{3,57} + 0,493 * 0,081 + 0,433 * 0,64 + 0,433 * 0,71 + 24 * 0,005 = 2,59 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $A_{\Sigma}$  – загальна площа огорожувальної конструкції обчислена за внутрішнім виміром із додаванням площ внутрішніх укосів прорізів та відніманням площ прорізів,  $\text{м}^2$ , (рис.1) визначаємо за формулою:

$$A_{\Sigma} = 3,68 + 0,2 + 0,25 * (0,73 * 2 + 1,79) = 4,69 \text{ м}^2$$

$A_1, A_2$  – відповідно площа ділянки 1 та 2,  $\text{м}^2$ , (рис.1) визначаємо за формулами:

$$A_1 = 1,57 * 3,3 - 0,73 * 1,79 - 0,12 * 0,73 - 0,12 * 0,90 = 3,68 \text{ м}^2$$

$$A_2 = 0,12 * 0,73 + 0,12 * 0,90 = 0,20 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}, R_{\Sigma 2}$  – відповідно опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , на ділянці 1 та 2, визначаємо за формулами:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{d_3}{\lambda_{3p}} + \frac{d_4}{\lambda_{4p}} + \frac{d_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{h_{se}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,31}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,150}{0,049} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,64 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{d_3}{\lambda_{3p}} + \frac{d_4}{\lambda_{4p}} + \frac{d_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{h_{se}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,150}{0,049} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,57 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$  – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$h_{si}, h_{se}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , які приймаємо згідно дод. Б [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$$h_{si} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); h_{se} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				34
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\psi_1$ ;  $\psi_2$ ;  $\psi_3$ ; – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м·К), відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, визначаємо за табл. Г.1 додатку Г [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

$$\psi_1 = 0,081 \text{ Вт/(м·К)}; \psi_2 = 0,64 \text{ Вт/(м·К)}; \psi_3 = 0,71 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Лінійний коефіцієнт  $\psi_3$  на ділянці примикання вікна до ділянки 1 дещо відрізняється від наведеного у табл. Г.1 додатку Г [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Якщо є потреба у більш точному розрахунку  $\psi_3$  для цієї ділянки, тоді необхідно визначити його на основі розрахунку температурного поля.

$I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  – лінійний розмір (проекція) відповідно 1-го, 2-го та 3-го лінійного теплопровідного включення, м;

$$I_1 = 0,493 \text{ м}, I_2 = 0,433 \text{ м}, I_3 = 0,433 \text{ м};$$

$\chi_1$  – точковий коефіцієнт теплопередачі дюбеля для кріплення утеплювача, Вт/К, визначають згідно з табл. Д.1 додатку Д [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$$\chi_1 = \text{Вт/К}$$

$N_1$  – загальна кількість точкових теплопровідних включень, шт, визначаємо за формулою:

$$N_1 = F_{\Sigma} \times n_{\text{д}} = 4,69 * 5 = 24 \text{ шт.}$$

де  $n_{\text{д}}$  – кількість дюбелів на м<sup>2</sup> огорожувальної конструкції, приймаємо  $n_{\text{д}} =$ .

#### 4.3 Розрахунок товщини утеплювача в конструкції з теплопровідними включеннями.

За результатами розрахунку задачі приведений опір теплопередачі

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

За дод. А [1] визначаємо температурну зону міста будівництва (Полтава) – .

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				35
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За табл. 1 визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції  $R_{q\ min} = \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Щоб отримати формулу для визначення товщини утеплювача в огорожувальних конструкціях з теплопровідними включеннями у формулі (1) [2] замінюємо  $R_{\Sigma\text{пр}}$  на  $R_{q\ min}$ . Тоді товщину утеплювача можна визначити за формулою

$$d_4 = \lambda_{4p} \left( \frac{R_{q\ min} \cdot A_{\Sigma}}{A_{\Sigma} - R_{q\ min} (I_1 \cdot \psi_1 + I_2 \cdot \psi_2 + I_3 \cdot \psi_3 + N_1 \cdot \chi_1)} \right) -$$

$$\frac{d_1}{\lambda_{1p}} - \frac{d_2}{\lambda_{2p}} - \frac{d_3}{\lambda_{3p}} - \frac{d_5}{\lambda_{5p}} - \frac{1}{h_{si}} - \frac{1}{h_{se}} =$$

$$= 0,049 * \left( \frac{4 * 4,69}{4,69 - 4 * \left( \frac{0,493 * 0,081}{0,02} + \frac{0,433 * 0,64}{0,31} + \frac{0,433 * 0,71}{0,005} + \frac{24 * 0,005}{0,008} + \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} \right)} \right) = 0,25 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача  $d_4 = 0,25 \text{ м}$ .

#### 4.4 Визначення лінійних коефіцієнтів

Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі виконуємо за формулою:

$$k_1 = L^{2D} - \sum_{i=1}^j U_j \cdot l_j = 0,788 - 0,235 * 3,0 = 0,083 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$$k_1 = L^{2D} - \sum_{i=1}^j U_j \cdot l_j = 0,315 - 0,235 * 1,0 = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

де  $L^{2D}$  – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку,  $\text{Вт}/\text{К}$ , визначаємо за формулою

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				36
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}} = \frac{31,5}{20 - (-20)} = 0,788 \text{ Вт/К}$$

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}} = \frac{12,6}{20 - (-20)} = 0,315 \text{ Вт/К}$$

де  $Q_{\text{заг}}$  - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огорожувальної конструкції з теплопровідним включенням, **Вт**, визначають на підставі результатів розрахунку двовірного температурного поля (рисунок 14);

$$Q_{\text{заг}} = 31,5 \text{ Вт}$$

12,6

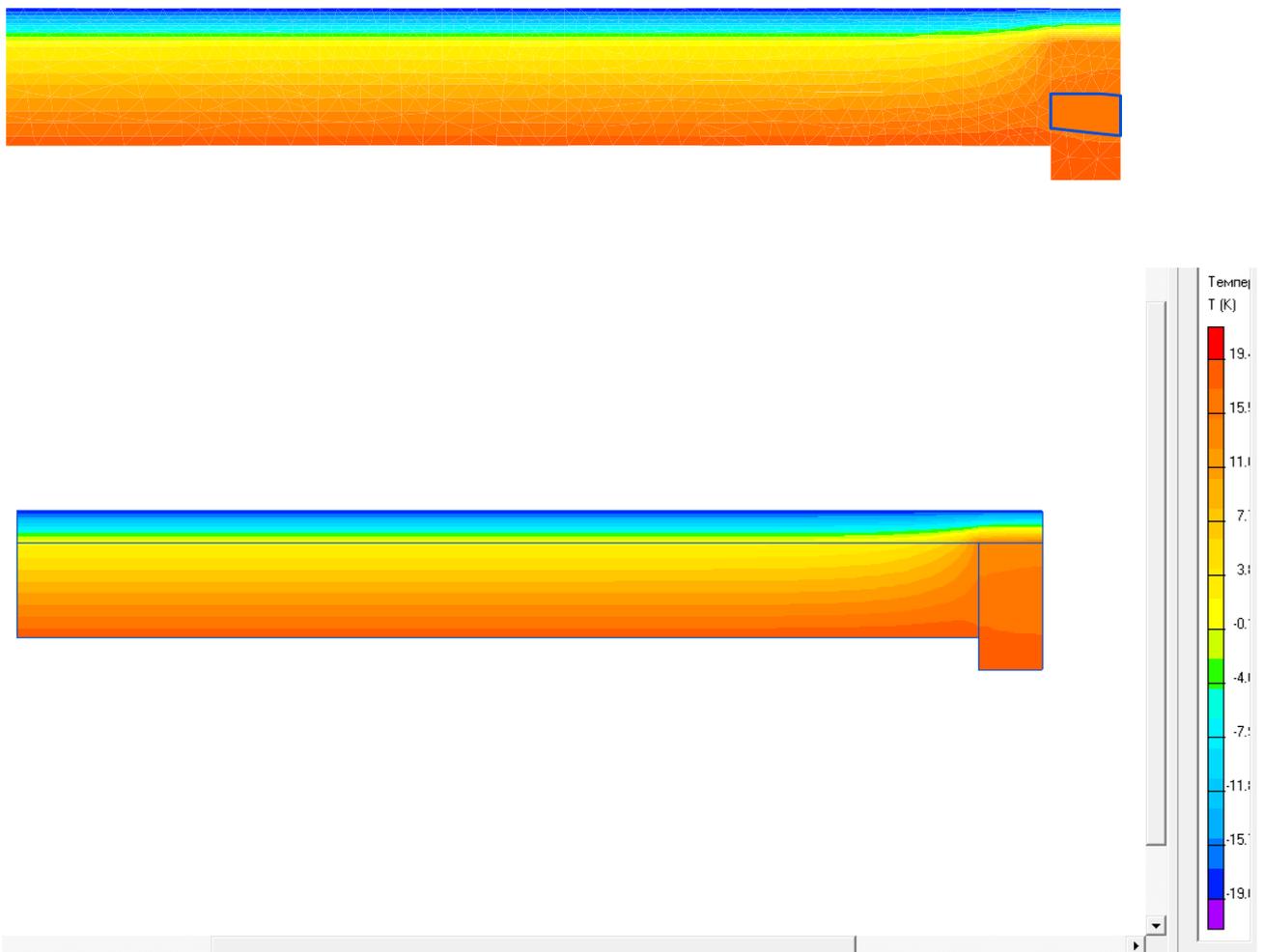


Рисунок 14 – Температурне поле розрахункової ділянки

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				37
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\theta_{int}, \theta_{ext}$  – температура, °C, відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря.

Приймаємо  $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$ ; а  $\theta_{ext} = -20^\circ\text{C}$ ;

$U_j$  – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_\Sigma} = \frac{1}{4,26} = 0,235 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де  $R_\Sigma$  – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , визначаємо за формулою:

$$R_\Sigma = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^i R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{1}{h_{se}} =$$
$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{0,16} + \frac{0,1}{0,045} + \frac{1}{23} = 4,26 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

де  $d_1, d_2$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, шару опорядження, м;

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}$  – теплопровідність відповідно газоблоку й утеплювача,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$h_{si}, h_{se}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , які приймаємо згідно дод. Б  
[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**];

$h_{si} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $h_{se} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$l_1$  – довжина, м, до якої застосовано значення  $U_1$ .

$l_1 = 3,0 \text{ м}$

#### 4.5 Графік розподілу температури по перетину зовнішньої стіни

Побудувати графоаналітичним методом графік розподілу температури по перетину зовнішньої стіни житлового будинку. Схема огороження наведена на рисунку 15. Кліматичні умови прийняти для міста Полтава.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				38
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

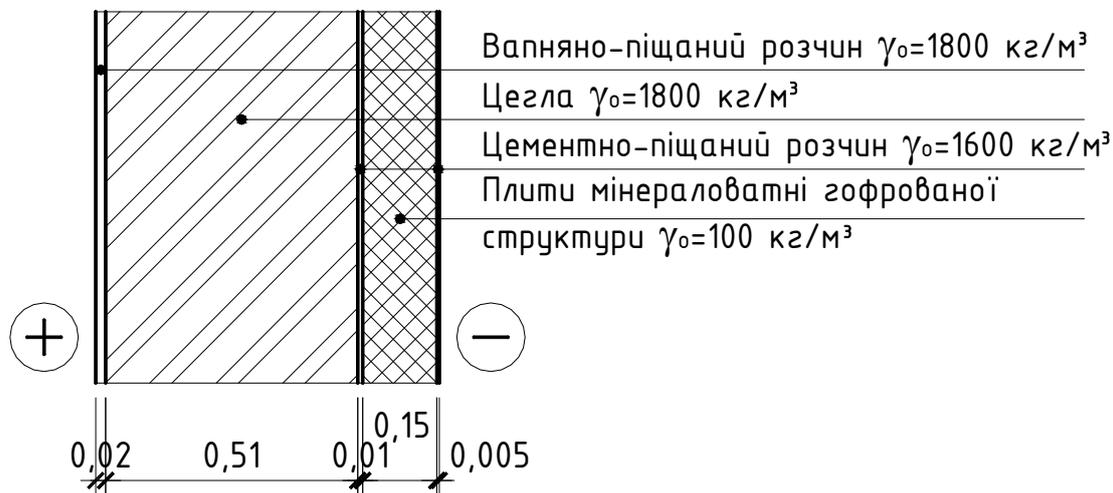


Рис. 15 - Розрахункова схема огородження

Розрахунки ведемо на основі отриманих вище значень.

Визначаємо термічний опір шару:

- вапняно-піщаного розчину за формулою

$$R_{\text{в.п}} = \frac{d_{\text{в.п}}}{\lambda_{\text{в.п}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

- цегли за формулою

$$R_{\text{ц}} = \frac{d_{\text{ц}}}{\lambda_{\text{ц}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

- цементно-піщаного розчину за формулою

$$R_{\text{ц.п}} = \frac{d_{\text{ц.п}}}{\lambda_{\text{ц.п}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$$

- мінеральної вати за формулою

$$R_{\text{м.в.}} = \frac{d_{\text{м.в.}}}{\lambda_{\text{м.в.}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

- цементно-піщаного розчину за формулою

$$R_{\text{ц.п}} = \frac{d_{\text{ц.п}}}{\lambda_{\text{ц.п}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Визначаємо опір теплообміну на:

- внутрішній поверхні огородження за формулою

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				39
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{в} = \frac{1}{h_{si}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$h_{si}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , приймаємо згідно дод. Б [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$$h_{si} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

- зовнішній поверхні огороження за формулою

$$R_{зн} = \frac{1}{h_{se}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$h_{se}$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , приймаємо згідно дод. Б [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$$h_{se} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Поряд з огороженням виконаним у лінійному масштабі будуємо огороження у масштабі термічного опору (див. рисунок 2).

На крайніх лініях отриманої схеми відкладаємо температури внутрішнього та зовнішнього повітря. З'єднуємо ці температури прямою лінією. Точки перетину цієї лінії з вертикальними лініями є значеннями температури на межі шарів огороження та її поверхнях. Переносимо отримані температури на схему виконану у лінійному масштабі. З'єднуємо отримані точки та отримуємо графік розподілу температури по перетину огороження (рис. 16).

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				40
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

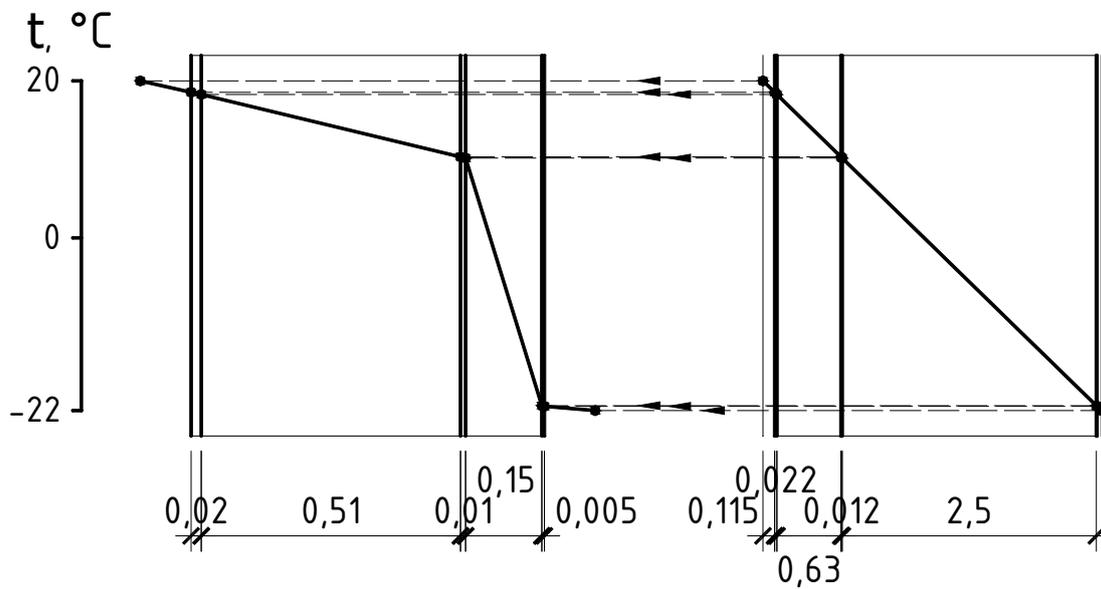


Рис. 16 Графік розподілу температури по перетину огороження

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				41
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО СТАНУ ПЕРЕКРИТТЯ

Конструкція покриття наведена на рис. 17.

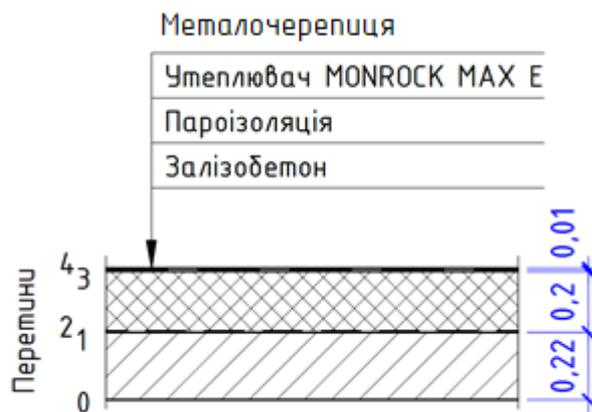


Рис. 17 - Конструкція покриття

За дод. Б табл. Б.2 [1] визначаємо розрахункову температуру внутрішнього повітря –  $\theta_{int} = 20^{\circ}\text{C}$ .

За дод. Б табл. Б.2 [1] визначаємо розрахункову відносну вологість внутрішнього повітря –  $\varphi_{int} = 50\%$ .

За дод. Б табл. Б.1 [1] визначаємо тепловологісний режим приміщення – нормальний;

За табл. Б.3 [1] визначаємо вологісні умови експлуатації матеріалу в огорожувальній конструкції – Б;

Теплопровідність та коефіцієнт паропроникності шарів огорожувальної конструкції приймаємо табл. А.1 [2].

Товщина, теплопровідність та коефіцієнт паропроникності шарів огорожувальної конструкції наведена у табл. 4.

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				42
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4 - Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Товщина шарів, м,	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Коефіцієнт паропроникності, мг/(м·год·Па)
1	Залізобетон	0,22	2,04	0,03
2	Пароізоляція	0,001	0,17	0,001
3	Утеплювач MONROCK MAX E	0,2	0,053	0,31
4	Металочерепиця	0,01	0,17	0,001

Визначаємо опір паропроникненню шарів огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$ , за формулами:

$$R_{e1} = \frac{d_1}{\mu_1} = \frac{0,22}{0,03} = 7,33 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e2} = \frac{d_2}{\mu_2} = \frac{0,001}{0,001} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e3} = \frac{d_3}{\mu_3} = \frac{0,2}{0,31} = 0,645 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

$$R_{e4} = \frac{d_4}{\mu_4} = \frac{0,01}{0,001} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

де  $d_1, d_2, d_3, d_4$  – товщина відповідно шарів залізобетону, пароізоляції, утеплювача, металочерепиці, м,

Визначаємо опір паропроникненню огорожувальної конструкції в цілому,  $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$ , за формулою:

$$R_{e\Sigma} = \frac{d_1}{\mu_1} + \frac{d_2}{\mu_2} + \frac{d_3}{\mu_3} + \frac{d_4}{\mu_4} = 7,33 + 1 + 0,645 + 10 = 18,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо температуру у перетинах огорожувальної конструкції за формулами:

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				43
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 0-й перетин

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{h_{si}} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,09} \left( \frac{1}{10} \right) = 19,37 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

де  $\theta_{ext}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря в січні,  $^{\circ}\text{C}$ , приймаємо за табл. 2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

$$\theta_{ext} = -5,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{Вт}$  визначаємо за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^I R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{d_3}{\lambda_{3p}} + \frac{d_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{h_{se}} =$$
$$\frac{1}{10} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,001}{0,17} + \frac{0,2}{0,053} + \frac{0,01}{0,17} + \frac{1}{23} = 4,09 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/Вт}$$

де  $h_{si}$ ,  $h_{se}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої (з боку теплого приміщення) і зовнішньої (з боку неопалювального підвалу) поверхонь стіни,  $\text{Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , які приймаємо згідно з додатком Б [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

$$h_{si} = 10 \text{ Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); h_{se} = 23 \text{ Вт}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

### 1-й перетин

$$t_1 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_1} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,09} * \left( \frac{1}{10} + \frac{0,22}{2,04} \right) = 18,70 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

### 2-й перетин

$$t_2 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_1} \right) = 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,09} \left( \frac{1}{10} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,001}{0,17} \right) = 18,66^{\circ}\text{C}$$

### 3-й перетин

$$t_3 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_1} \right) =$$
$$= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,09} * \left( \frac{1}{10} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,001}{0,17} + \frac{0,2}{0,053} \right) = -4,96^{\circ}\text{C}$$

### 4-й перетин

$$t_4 = \theta_{int} - \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{\Sigma}} \left( \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_1} + \frac{d_3}{\lambda_1} + \frac{d_4}{\lambda_1} \right) =$$

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				44
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= 20 - \frac{20 - (-5,6)}{4,09} * \left( \frac{1}{10} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,001}{0,17} + \frac{0,2}{0,053} + \frac{0,01}{0,17} \right) = -5,32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Використовуючи отримані температури визначаємо парціальний тиск насиченої водяної пари у перетинах огорожувальної конструкції за табл. Б.1 додатку Б [0].

**0-й перетин**

$$E_0 = 2254 \text{ Па}$$

**1-й перетин**

$$E_1 = 2158 \text{ Па}$$

**2-й перетин**

$$E_2 = 2158 \text{ Па}$$

**3-й перетин**

$$E_3 = 401 \text{ Па}$$

**4-й перетин**

$$E_4 = 391 \text{ Па}$$

Визначаємо парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря за формулою

$$e_{int} = E_{int} \times \varphi_{int} \times 0,01 = 2340 * 50 * 0,01 = 1170 \text{ Па}$$

де  $E_{int}$  – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, визначаємо за табл. Б.1 додатку Б [0], використовуючи значення температури внутрішнього повітря  $\theta_{int} = 20^\circ\text{C}$ .

$$E_{int} = 2340 \text{ Па}$$

Визначаємо парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря в січні за формулою

$$e_{ext} = E_{ext} \times \varphi_{ext} \times 0,01 = 382 * 85 * 0,01 = 325 \text{ Па}$$

де  $E_{ext}$  – парціальний тиск насиченої водяної пари, Па, визначаємо за табл. Б.1 додатку Б [0], використовуючи значення температури зовнішнього повітря в січні яку приймаємо за табл. 2 [Ошибка! Источник ссылки не найден.],

$$\theta_{ext} = -5,6 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$E_{ext} = 382 \text{ Па}$$

		Мороз		
		Чернецька		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

401-НТ-19060-ДП.

Арк.

45

$\varphi_3$  – відносна вологість зовнішнього повітря в січні, %, визначаємо за табл. 24  
 [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

$$\varphi_{ext} = 85 \%$$

Використовуючи отримані значення  $E_i$ ,  $e_{int}$  та  $e_{ext}$  будуюмо на умовному перерізі огорожувальної конструкції відповідні графіки. По горизонталі замість товщини шару огородження відкладаємо (у масштабі) його опір паропроникненню (рис. 18).



Рис. 18 - Умовний переріз огорожувальної конструкції

Так як лінії  $E$  і  $e$  перетинаються то в огороженні відбувається конденсація водяної пари.

Визначаємо кількість водяної пари  $i_{в1}$ , мг/(м<sup>2</sup>-год), що надходить до зони конденсації зі сторони приміщення за формулою:

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				46
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i_{int1} = \frac{e_{int} - p_k}{R_{e,int}} = \frac{1170 - 398}{9} = 85,77 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $R_{e,int}$  – опір паропроникненню,  $\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$ , частини огорожувальної конструкції розташованої між внутрішньою поверхнею та площиною конденсації визначаємо за формулою

$$R_{e,int} = R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} = 7,333 + 1 + 0,667 = 9,0 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість водяної пари,  $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , що виводиться назовні із зони конденсації за формулою

$$i_{ext1} = \frac{p_k - e_{ext}}{R_{e,ext}} = \frac{398 - 325}{10} = 7,3 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$

де  $R_{e,ext}$  – опір паропроникненню, частини огорожувальної конструкції розташованої між площиною конденсації та зовнішньою поверхнею визначаємо за формулою

$$R_{e,ext} = R_{e4} = 10 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Визначаємо кількість вологи,  $\text{кг}/\text{м}^2$ , що конденсується в конструкції за січень:

$$W_{зп1} = \tau(i_{int} - i_{ext}) \cdot 10^{-6} = \times (-) \times 10^{-6} = \text{кг}/\text{м}^2$$

де  $\tau$  – кількість годин в січні визначаємо за формулою

$$\tau = 24 \times n = 24 \times 30 = 744 \text{ год.}$$

де 24 – кількість годин у добі;

$n$  – кількість діб у січні

$$n = 30 \text{ діб.}$$

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				47
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

Джерелом тепла школи є напольний димохідний газовий котел Protherm потужністю 50 кВт, зображений на рисунку 19.

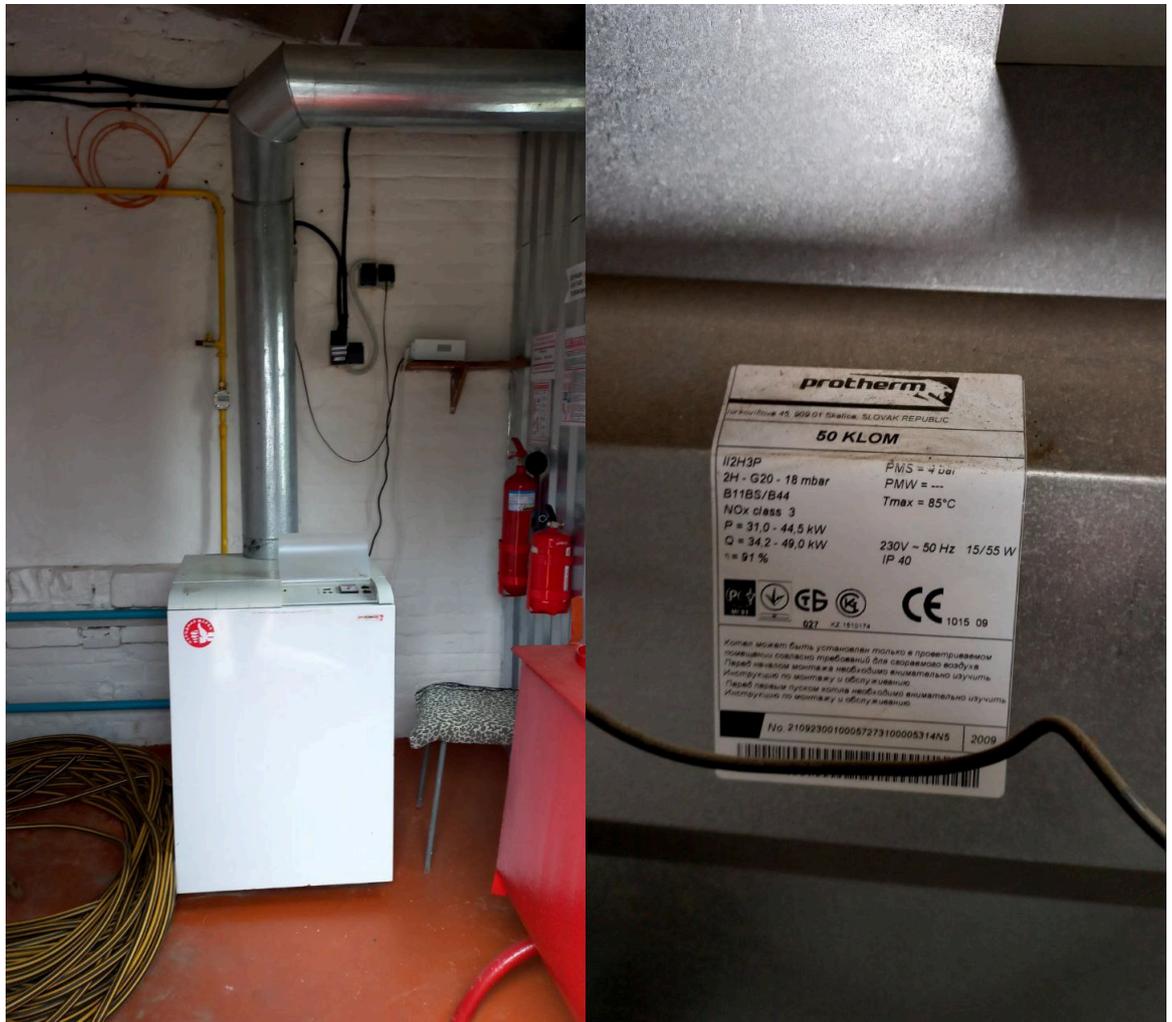


Рисунок 19 – Джерело тепла

Система опалення – закрыта з насосною циркуляцією, що видно на рисунку 20.

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				48
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

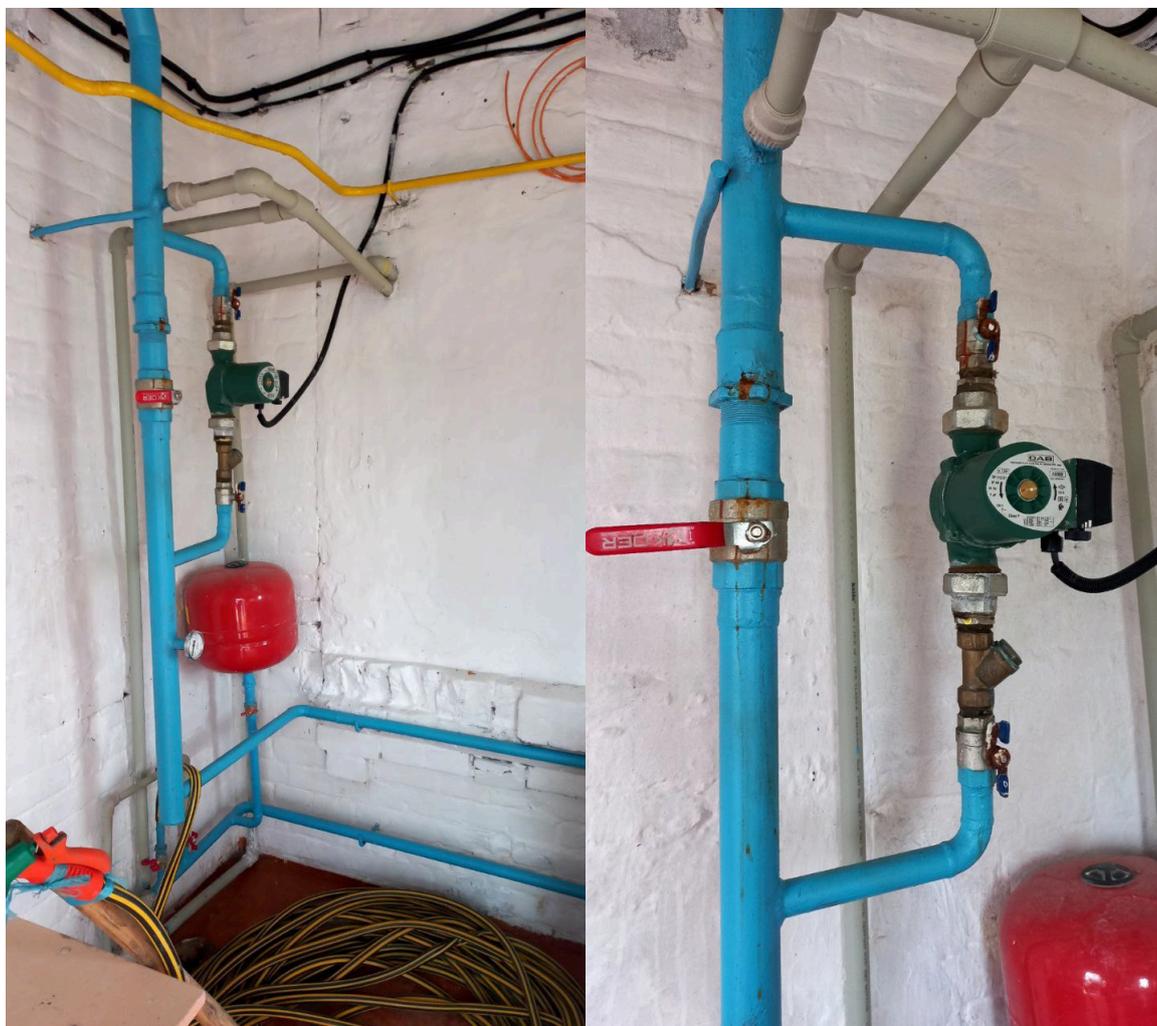


Рисунок 20 – Обладнання системи опалення

Розведення трубопроводів системи опалення – верхнє, що видно на фото, показаному на рисунку 21.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				49
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 21 – Розведення трубопроводів системи опалення

Опалювальні прилади – радіатори сталеві з горизонтальними каналами типу РСГ, зображені на рисунку 22.



Рисунок 22 – Опалювальний прилад

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				50
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регуляція тепловіддачі опалювальних приладів не передбачена. Прилади досить старі, очевидна наявність замученості, що знижує їх тепловіддачу.

Труби сталеві старі й потребують заміни.

Як видно, ефективність існуючої системи опалення є надзвичайно низькою. Вона реконструкції не підлягає й потребує повної заміни.

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				51
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 7. ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається за сукупністю теплотехнічних характеристик огорожуючи конструкцій та стану інженерних мереж.

За ДСТУ Б А.2.2-8:2010 виділяються фактори, що впливають на енергоефективність розподілення теплоносія. Залежно від наявності систем регулювання та їх характеристик визначається клас енергоефективності будинків (таблиця 5).

		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				52
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 5 – Характеристика автоматизації інженерних систем

Характеристика	Варіанти деталізації характеристики	Клас енергетичної ефективності для житлових/нежитлових будинків (довідково)
<b>Системи опалення та охолодження</b>		
Регулювання надходження теплової енергії до приміщення	Відсутнє автоматичне регулювання	D/D
	Центральне автоматичне регулювання (для двох і більше приміщень)	D/D
	Місцеве автоматичне регулювання терморегуляторами [8] на опалювальних приладах приміщення або електронне регулювання	C та нижче/C та нижче
	Місцеве регулювання в приміщенні з комунікацією між контролерами та центральною системою контролю	B та нижче/B та нижче
	Місцеве автоматичне регулювання з урахуванням фактичних потреб (згідно з присутністю людей у приміщенні, якістю повітря тощо)	A та нижче/A та нижче
Регулювання розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі	Відсутнє автоматичне регулювання	D/D
	Регулювання за погодних умов	C та нижче/C та нижче
	Регулювання за внутрішньою температурою повітря приміщень	A та нижче/A та нижче
Регулювання циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів (на різних рівнях системи)	Відсутнє регулювання	D/D
	Двопозиційне регулювання	C та нижче/D
	Регулювання швидкості обертання насоса із забезпеченням постійного перепаду тиску	A та нижче/A та нижче
	Регулювання швидкості обертання насоса із забезпеченням змінного перепаду тиску	A та нижче/A та нижче

Таблиця 5 – Характеристика автоматизації інженерних систем (продовження)

Характеристика	Варіанти деталізації характеристики	Клас енергетичної ефективності для житлових/нежитлових будинків (довідково)
Регулювання періодичності зниження споживання енергії системою та/або розподілення теплоносія	Відсутнє автоматичне регулювання	D/D
	Автоматичне програмоване регулювання за розкладом	C та нижче/D
	Автоматичне програмоване регулювання за розкладом, з оптимізацією моментів включення та виключення	A та нижче/A та нижче
Взаємозв'язок між регулюванням споживання енергії та/або розподілення тепло/холодоносія у системах опалення та охолодження	Відсутній взаємозв'язок	D/D
	Частковий взаємозв'язок (залежно від типу системи опалення та охолодження)	B та нижче/B та нижче
	Повний взаємозв'язок	A та нижче/A та нижче
Регулювання джерела енергії	За постійною температурою	D/D
	Якісне регулювання залежно від погодних умов	A та нижче/A та нижче
	Якісне регулювання залежно від навантаження	A та нижче/A та нижче
Упорядкування джерел енергії	Пріоритетність, що базується лише на навантаженнях	C та нижче/C та нижче
	Пріоритетність, що базується на навантаженнях та потужності джерел	B та нижче/B та нижче
	Пріоритетність, що базується на ефективності джерел	A та нижче/A та нижче

Клас енергетичної ефективності будівлі визначається за шкалою, наведеною на рисунку 23.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				54
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 23 – Шкала енергоефективності

Отже, в існуючому стані школа має найнижчий рівень енергоефективності G

З метою підвищення енергоефективності рекомендовано заміну приладів опалення на біметалеві радіатори з встановленням запірно-регулювальної арматури HERZ.

Зовнішній вигляд рекомендованого підключення радіатора показано на рисунку 24.

		Мороз			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		Чернецька				55
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

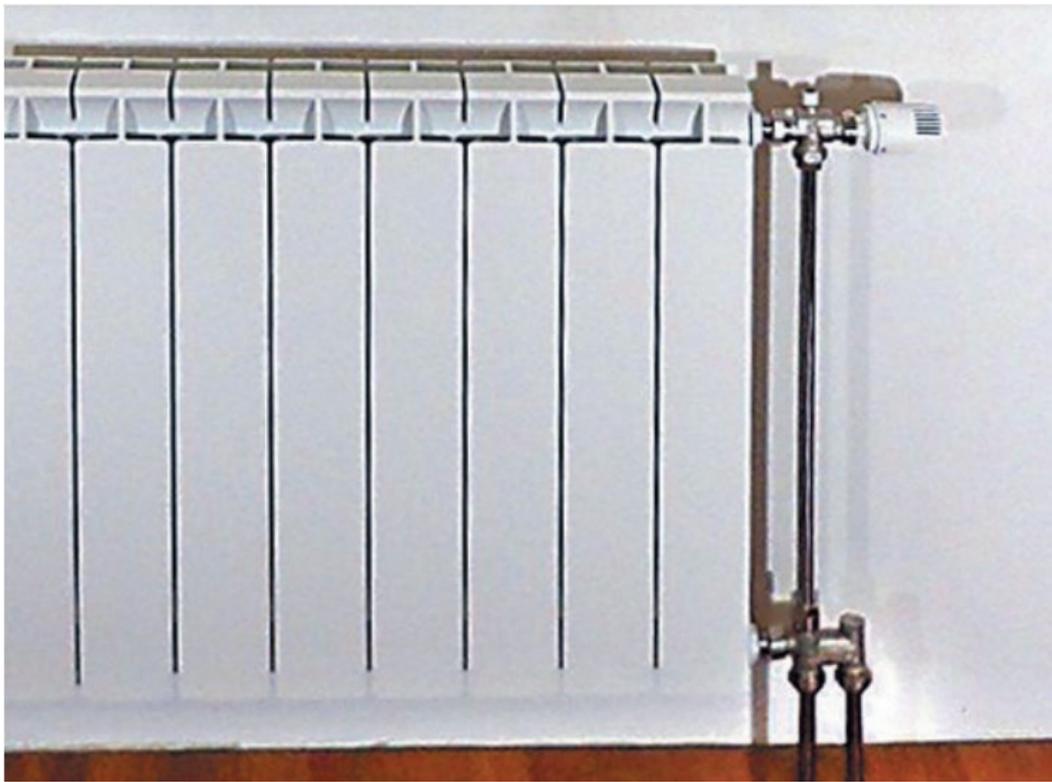


Рисунок 24 – Рекомендований варіант опалювального приладу з вузлом підключення

Усі труби системи опалення мають бути замінені на металопластикові зі зміною схеми розведення на нижню горизонтальну. Встановлення діаметрів потребує додаткових розрахунків.

Для підвищення теплозахисних властивостей стін вони мають бути утеплені мінеральною ватою товщиною 250 мм.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				56
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У ході роботи над проектом було досліджено реальний об'єкт – школу в с. Головач.

Обстежено стан огороджуючих конструкцій та інженерних систем.

Виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та встановлено необхідну товщину утеплювача для стін та перекриття для досягнення нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021.

Проаналізовано стан системи теплопостачання та опалювальних приладів.

Встановлено клас енергоефективності громадської будівлі та надано рекомендації для підвищення її енергоефективності.

Зокрема рекомендована повна заміна системи опалення, прокладання метало-пластикових трубопроводів з нижньою розводкою, заміна приладів опалення на біметалеві радіатори з встановленням запірно-регулювальної арматури HERZ.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				57
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: ДБН В.2.6-31:2021. - К.: Мінбуд України, 2021. – 23 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
3. Закон України „Про енергозбереження” (74/94-вр) від 01.07.1994р.
4. Закон України від 22.06.2017року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».
5. Сергейчук О. В. Архітектурно-будівельна фізика. Теплотехніка огороджуваних конструкцій будинків : навч. Посібник / О. В. Сергейчук. – К. : Такі справи, 1999. – 156 с.
6. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6–31:2016 / Мінбуд України. – [Чинні від 2017–05–01]. – К.: Мінрегіонбуд, 2016. – 33 с. – (Державні будівельні норми України).
7. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель
8. Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії : ДБН В.1.2-11-2008 – [Чинні з 2008-10-01] – К.:Мінрегіонбуд України, 2008. – (Державні будівельні норми України)
9. Теплова ізоляція будівель : Зміна № 1 ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинна від 2013-07-01] – К.: Мінрегіон України, 2013. – 11 с. – (Державні будівельні норми України).
10. Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинна від 2014-01-01] – К.: Мінрегіон України, 2013. – 141 с. – (Державні будівельні норми України).
11. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинні від 2023-03-01]. – К.: Мінрегіон України, 2023. – 60 с.

		Мороз			401-НТ-19060-ДП.	Арк.
		Чернецька				58
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.

13. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосасвоєння огороджувальних конструкцій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 48 с.

14. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огороджувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с.

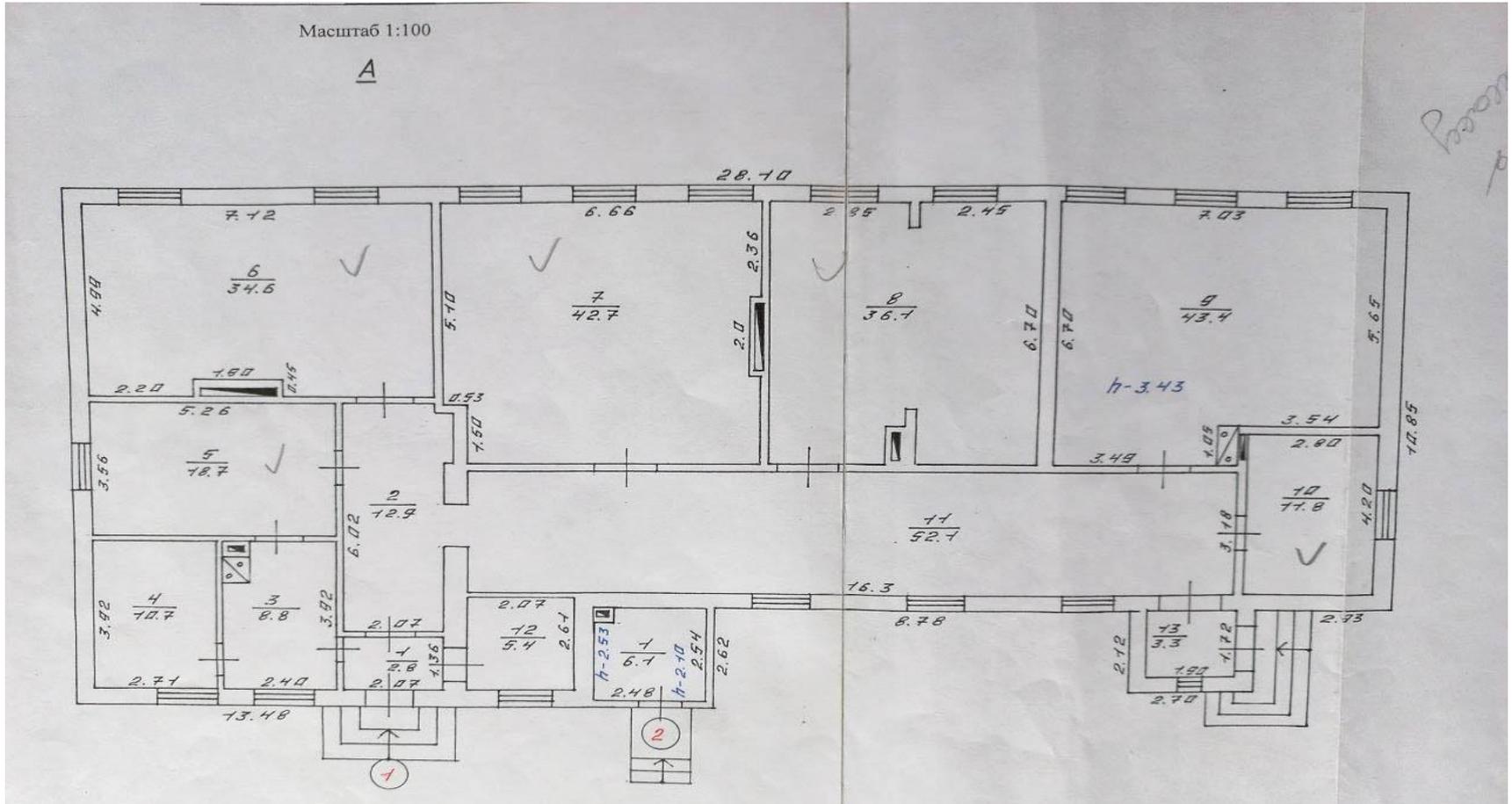
		<i>Мороз</i>			<b>401-НТ-19060-ДП.</b>	Арк.
		<i>Чернецька</i>				59
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

***Аналіз енергоефективності  
громадської будівлі  
в с. Головач  
Полтавської області***

# Об'єкт дослідження – загальноосвітня середня школа у с. Головач

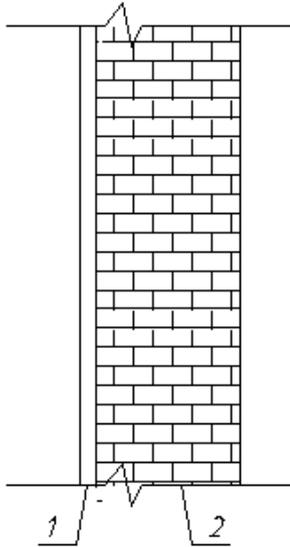


# План будівлі



# Конструкція зовнішньої стіни

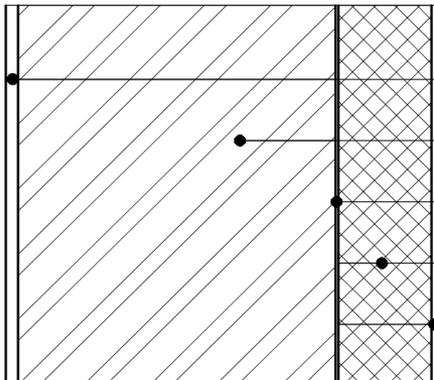
$$R_{q \min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$



- 1 - штукатурка;
- 2 - цегла , 510мм.

ІСНУЮЧА

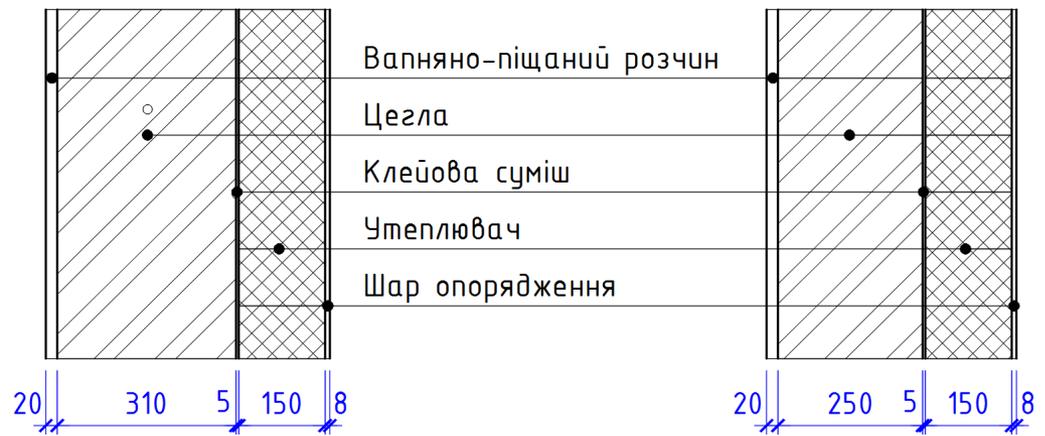
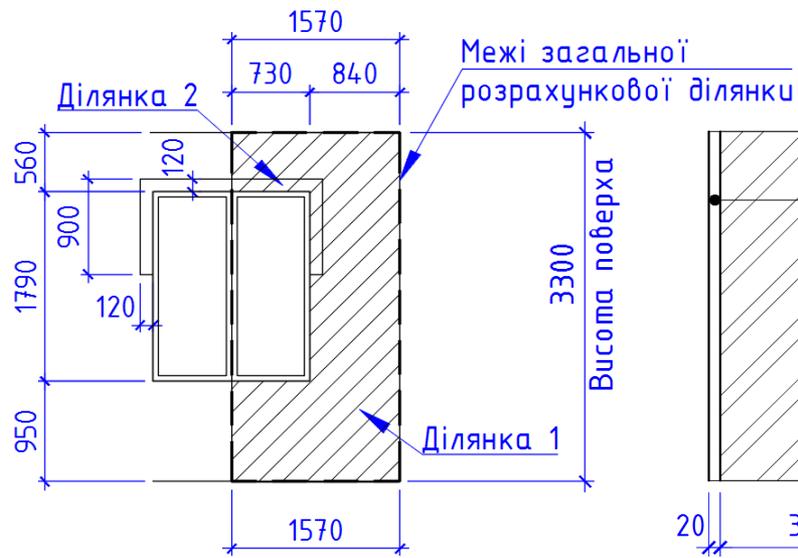
$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{1}{h_{se}} = 0,8$$



- Вапняно-піщаний розчин
- Цегла
- Клейова суміш
- Утеплювач
- Шар опорядження

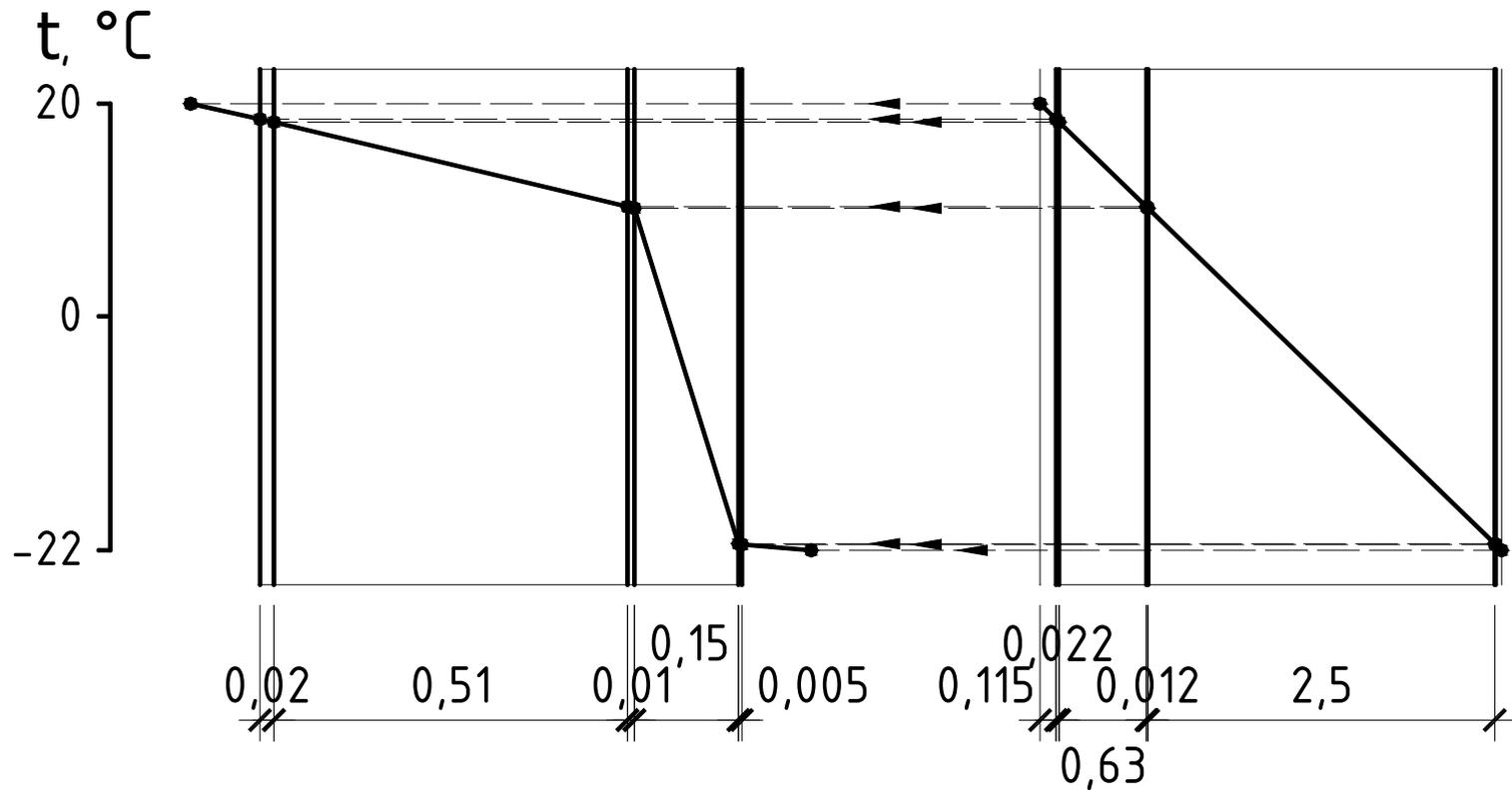
РЕКОМЕНДОВАНА

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{1p}} + \frac{d_2}{\lambda_{2p}} + \frac{d_3}{\lambda_{3p}} + \frac{d_4}{\lambda_{4p}} + \frac{d_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{h_{se}} = 4,17$$



$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i \frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_m (I_m \cdot \psi_m) + \sum_j (N_j \cdot \chi_j)} = 2,59$$

# Графік розподілу температур по перетину стіни



# Розрахунок тепловологісного стану перекриття



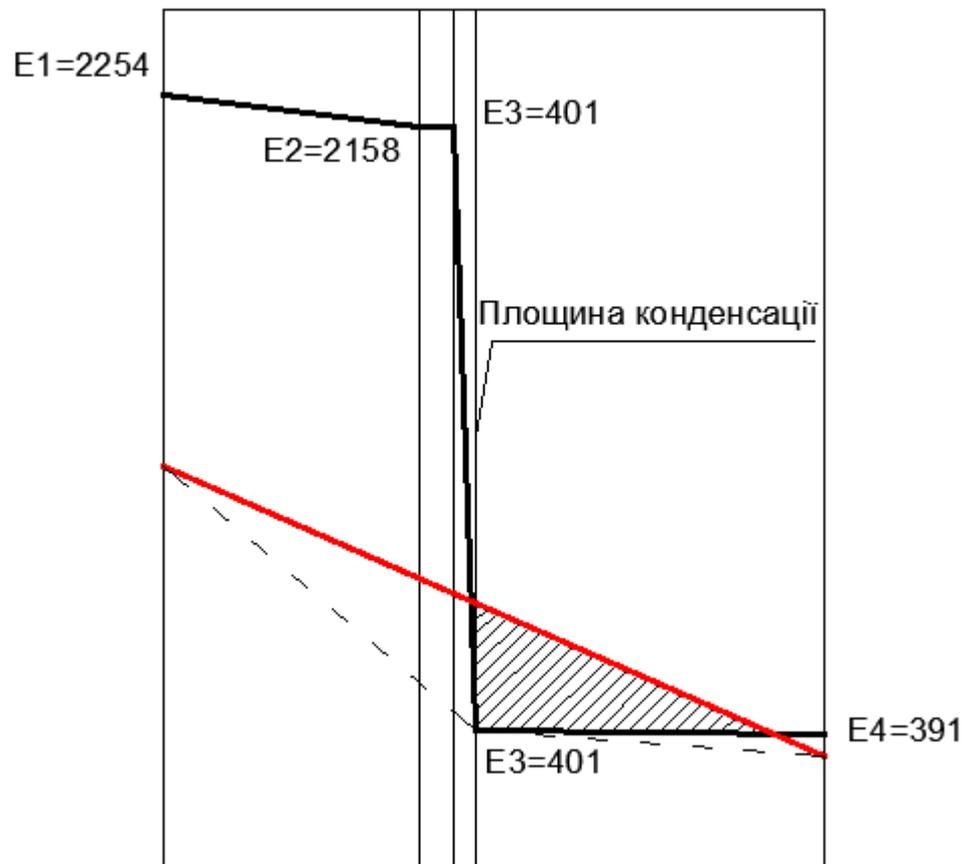
№	Найменування	Товщина шарів, м,	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Коефіцієнт паропроникності, мг/(м·год·Па)
1	Залізобетон	0,22	2,04	0,03
2	Пароізоляція	0,001	0,17	0,001
3	Утеплювач MONROCK MAX E	0,2	0,053	0,31
4	<u>Металочерепиця</u>	0,01	0,17	0,001

$$R_{e\Sigma} = \frac{d_1}{\mu_1} + \frac{d_2}{\mu_2} + \frac{d_3}{\mu_3} + \frac{d_4}{\mu_4} = 7,33 + 1 + 0,645 + 10 = 18,98 \text{ м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}$$

Кількість вологи, кг/м<sup>2</sup>, що конденсується в конструкції за січень:

$$W_{зп1} = \tau(i_{int} - i_{ext}) \cdot 10^{-6} = 744 * (85,77 - 7,3) * 10^{-6} = 0,058 \text{ кг/м}^2$$

# Графік зміни парціального тиску насиченої водяної пари по товщині стіни в масштабі опору паропроникнення



# Джерело тепла



Котел – напольний димоходний газовий

Система опалення – замкнута з насосною циркуляцією

# Характеристика системи опалення



Система опалення – водяна з верхнім розведенням трубопроводів системи опалення

Опалювальні прилади – радіатори сталеві з горизонтальними каналами типу РСГ

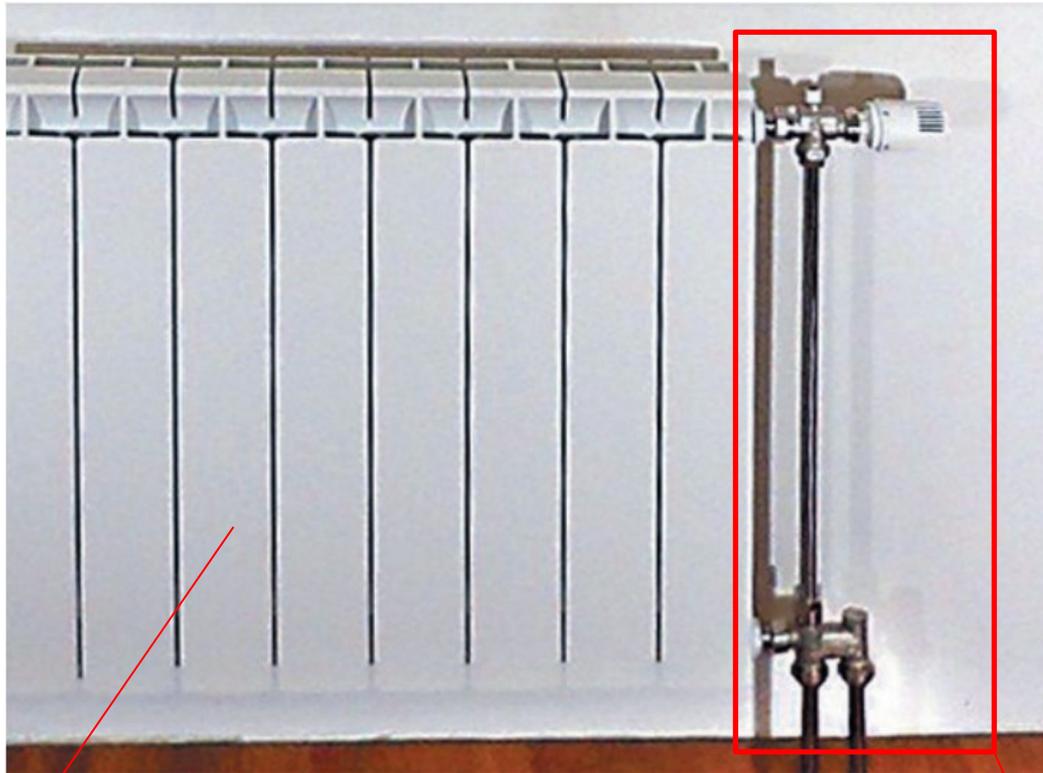
Регуляція тепловіддачі опалювальних приладів не передбачена.

# Визначення класу енергоефективності



школа має найнижчий рівень енергоефективності - G

# Рекомендований варіант опалювального приладу з вузлом підключення



Біметалевий радіатор

Запірно-регулювальна арматура HERZ

# ВИСНОВКИ

- У ході роботи над проєктом було досліджено реальний об'єкт – школу в с. Головач.
- Обстежено стан огорожуючих конструкцій та інженерних систем.
- Виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та встановлено необхідну товщину утеплювача для стін та перекриття для досягнення нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021.
- Проаналізовано стан системи теплопостачання та опалювальних приладів.
- Встановлено клас енергоефективності громадської будівлі та надано рекомендації для підвищення її енергоефективності.
- Зокрема рекомендована повна заміна системи опалення, прокладання метало-пластикових трубопроводів з нижньою розводкою, заміна приладів опалення на біметалеві радіатори з встановленням запірно-регулювальної арматури HERZ.