



ФОНД ДЕРЖАВНОГО МАЙНА УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЕКТНИЙ ІНСТИТУТ МІСТОБУДУВАННЯ»

ДП «НДПІ МІСТОБУДУВАННЯ»

01133, м. Київ, бульвар Лесі Українки, буд. 26 під. «А», код ЄДРПОУ 01422832,
тел. +38 044 286 04 10, адреса електронної пошти: mistobud.ndpi@gmail.com

***Капітальний ремонт (термомодернізація) учбового корпусу
У-2 Національного технічного університету Харківський
політехнічний інститут, що розташований за адресою:
м.Харків, вул.Кирпичова,2***

Робочий проєкт

ТОМ 11

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

2024-КН_2_2_D-EE

Директор

В.В.Чурилов

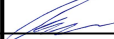
Головний інженер проєкту

В.Г. Галич

Київ-2024

Зміст Тому

Позначення	Найменування	Примітка
2024-КН_2_2_D-ЕТР.3М	Зміст Тому	стор.2
2024-КН_2_2_D-ЕТР.СП	Склад проєкту	стор.3
2024-КН_2_2_D-ЕТР.ПД	Підтвердження ГП	стор.4
2024-КН_2_2_D-ЕТР.ВУ	Відомість про учасників проектування	стор.5
2022-КН_2_»_D-ЕТР.КС	Кваліфікаційний сертифікат Серія АР №018649 від 18.01.2022 р.	стор.6

Інв. № ор.										Зміст Тому			Стадія	Аркуш	Аркушів
		ГП		Галич				05.24	РП				1	1	
		Розробив		Гудзь				05.24	ДП «НДПІ містобудування»						
		Перевірів		Галич				05.24							
		Зм.	Кільк.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2024-КН_2_2_D-ЕЕ.СП							
Підпис і дата															
Зам. інв. №															

Склад проєкту

Номер тому	Позначення	Найменування	Примітка
1	2024-КН_2_2_D_ЗПЗ	Загальна пояснювальна записка Вихідні дані. Загальні положення. Технічний звіт обстеження будівлі	
2	2024-КН_2_2_D-АБ	Архітектурно-будівельні рішення Пояснювальна записка. Креслення. Паспорт зовнішнього опорядження	
3	2024-КН_2_2_D-ОВ	Опалення та вентиляція	
Книга 3.1	2024-КН_2_2_D-ОВ1	Опалення	
Книга 3.2	2024-КН_2_2_D-ОВ2	Вентиляція	
4	2024-КН_2_2_D-БК	Водопровід та каналізація	
5	2024-КН_2_2_D-ЕТР	Електротехнічні рішення	
6	2024-КН_2_2_D-ТМ	Тепломеханічні рішення	
7	2024-КН_2_2_D-АТМ	Автоматизація тепломеханічних рішень	
8	2024-КН_2_2_D-СПС	Система пожежної сигналізації	
9	2024-КН_2_2_D-СО	Система оповіщення про пожежу	
10	2024-КН_2_2_D-БЗ	Блискавкозахист	
11	2024-КН_2_2_D-ЕЕ	Енергоефективність	
12	2024-КН_2_2_D-ІТЗ ЦЗ	Інженерно-технічні заходи цивільного захисту	
13	2024-КН_2_2_D-ПОБ	Проект організації будівництва	
14	2024-КН_2_2_D-РЧЕ	Розрахунок часу евакуації	
15	2024-КН_2_2_D-К	Кошторис	

Зам. інв.№	
Підпис і дата	
Інв. № ор.	

						2024-КН_2_2_D-ЕЕ.СП		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Склад проєкту		
ГП		Галич			05.24			
Роробив		Гудзь			05.24			
Перевірів		Галич			05.24			
Н. контроль		Гудзь			05.24			
						Стадія	Аркуш	Аркушів
						РП	1	1
						ДП «НДПІ містобудування»		

ПІДТВЕРДЖЕННЯ ГІП

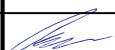
Проект розроблений відповідно до чинних норм, правил та стандартів.

Головний інженер проекту



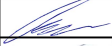
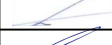
Галич В.Г.

*Кваліфікаційний сертифікат
Серія АР №0182649 від 18.01.2022 р.*

Зам. інв.№	Підпис і дата												
Інв. № ор.							2024-КН_2_2_D-ЕЕ.ПД						
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
	ГП		Галич			05.24	Підтвердження ГП				Стадія	Аркуш	Аркушів
	Розробив		Гудзь			05.24					РП	1	1
	Перевірив		Галич			05.24					ДП «НДП містобудування»		
	Н. контроль		Гудзь			05.24							

ВІДОМІСТЬ ПРО УЧАСНИКІВ ПРОЄКТУВАННЯ

Розділ проєкту	Посада	Ініціали, прізвище	Підпис
	ГІП	Галич В.Г.	
	Інженер-проєктувальник	Гудзь І.В.	

Зам. інв.№	Підпис і дата									
Інв. № ор.							2024-КН_2_2_D-ЕЕ.ВУ			
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
	ГІП		Галич			05.24	Відомість про учасників проєктування	Стадія	Аркуш	Аркушів
	Розробив		Гудзь			05.24		РП	1	1
	Перевірив		Галич			05.24		ДП «НДПІ містобудування»		
Н. контроль		Гудзь			05.24					

**ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ
«ГІЛЬДІЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКІВ У БУДІВНИЦТВІ»
САМОРЕГУЛІВНА ОРГАНІЗАЦІЯ У СФЕРІ АРХІТЕКТУРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
АТЕСТАЦІЙНА АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА КОМІСІЯ**

Серія AP

№ 018649

**КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ СЕРТИФІКАТ
відповідального виконавця окремих видів робіт (послуг),
пов'язаних зі створенням об'єктів архітектури**

інженер-проектувальник
(найменування професії)

Виданий про те, що Галич Владислав Геннадійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

пройшов(ла) професійну атестацію, що підтверджує його (її) відповідність кваліфікаційним вимогам у сфері діяльності, пов'язаної із створенням об'єктів архітектури, професійну спеціалізацію, необхідний рівень кваліфікації і знань.

Категорія: провідний інженер-проектувальник.

Кваліфікаційний сертифікат видано згідно з рішенням Атестаційної архітектурно-будівельної комісії (далі - Комісія) від 18.01.2022 № 74

(рішенням ----- секції Комісії
від ----- № -----, затвердженим президією
Комісії -----).

Зареєстрований у реєстрі атестованих осіб 17.04 2012 року
за № 130.

Роботи (послуги), пов'язані із створенням об'єктів архітектури, спроможність виконання яких визначено кваліфікаційним сертифікатом:

інженерно-будівельне проектування у частині забезпечення механічного
опору та стійкості щодо об'єктів будівництва класу наслідків
(відповідальності) СС3 (значні наслідки)

Дата видачі 18.01 2022 року

Голова (Заступник Голови) Атестаційної
архітектурно-будівельної комісії



[Signature]
(підпис)

Рубан Ю.Я.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Зам.	Кіл.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

2024-КН_2_2_D-ЕЕ.КС

Лист

1



ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ
«ГІЛЬДІЯ ПРОЕКТУВАЛЬНИКІВ У БУДІВНИЦТВІ»
САМОРЕГУЛІВНА ОРГАНІЗАЦІЯ У СФЕРІ АРХІТЕКТУРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
АТЕСТАЦІЙНА АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА КОМІСІЯ

Серія АР

№ 018202

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ СЕРТИФІКАТ
відповідального виконавця окремих видів робіт (послуг),
пов'язаних зі створенням об'єктів архітектури

інженер-проектувальник
(найменування професії)

Виданий про те, що Гудзь Інна Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

пройшов(ла) професійну атестацію, що підтверджує його (її) відповідність кваліфікаційним вимогам у сфері діяльності, пов'язаної із створенням об'єктів архітектури, професійну спеціалізацію, необхідний рівень кваліфікації і знань.

Категорія: провідний інженер-проектувальник

Кваліфікаційний сертифікат видано згідно з рішенням Атестаційної архітектурно-будівельної комісії (далі - Комісія) від 14.12.2021 № 71

(рішенням _____ секції Комісії
від _____ № _____, затвердженим президією
Комісії _____).

Зареєстрований у реєстрі атестованих осіб 01.10 2012 року
за № 3257.

Роботи (послуги), пов'язані із створенням об'єктів архітектури, спроможність виконання яких визначено кваліфікаційним сертифікатом:

інженерно-будівельне проектування у частині забезпечення економії енергії
щодо об'єктів будівництва класу наслідків (відповідальності) СС3 (значні
наслідки)

Дата видачі 14.12 2021 року

Голова (заступник голови) Атестаційної
архітектурно-будівельної комісії



(підпис)

Рубан Ю.Я.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата

2024-7132/03-07-EE

Арк.

5

Позначення	Найменування	Примітка
2024- КН_2_2_D-EE	Зміст	стор. 1
	1. Загальні дані	стор. 2
	2. Загальна характеристика об'єкту	стор. 3
	3. Розрахункові кліматичні параметри	стор. 8
	4. Нормативні вимоги	стор. 9
	5. Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій	стор. 10
	6. Теплостійкість та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій	стор. 22
	7. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій	стор. 25
	8. Розрахунок повітропроникності огорожувальних конструкцій	стор. 28
	9. Оцінка енергоефективності будівлі	стор. 31
	10. Зведені характеристики будівлі	стор. 43

						2024-КН_2_2_D-EE			
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата	Енергоефективність	Стадія	Аркуш	Аркушів
							П	2	50
ГП		Галич					ДП «НДП містобудування»		
Розробив		Гудзь							
Перевірів		Галич							
Н.контр.		Галич							

1. Загальні дані

Розділ «Енергоефективність» проекту: «Капітальний ремонт (термомодернізація) навчального корпусу У-2 НТУ "ХПІ", за адресою: м. Харків, вул. Кирпичова, 2, інв. №10131000016», виконаний у відповідності з вимогами, постановами і нормативними актами органів державної влади, що направлені на ефективне використання електричної, теплової та інших видів енергії при проектуванні та експлуатації об'єктів цивільного призначення.

Мета розділу – оцінка проектних рішень теплоізоляційної оболонки будівлі за показниками енергоефективності, що визначені у наступних нормативних документах:

1. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель;
2. ДБН А.2.2-3:2014 Зміна №1 та Зміна №2 Склад та зміст проектної документації на будівництво;
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення;
4. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель;
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія;
6. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні
7. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ “Енергоефективність” у складі проектної документації об'єктів;
8. ДСТУ EN 15232-1:2017 Енергоефективність будівель. Частина 1. Вплив автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями. Модулі М10-4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 (EN 15232-1:2017, IDT);
9. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування;
10. 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;

Вихідними даними для складання розділу була проектна документація:

- АБ (Архітектурно-будівельні рішення);
- ОВ (Опалення і вентиляція);
- ВК (Внутрішні мережі водопостачання та каналізація).

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							2
Зм.	Кільк	Арк.	№док	Підпис	Дата		

2. Загальна характеристика об'єкту

2.1 Проєктом передбачено: «Капітальний ремонт (термомодернізація) навчального корпусу У-2 НТУ "ХПІ", за адресою: м. Харків, вул. Кирпичова, 2, інв. №10131000016».

Опалювана площа будівлі складає – 10394,46 м².

2.2 Характеристика огорожувальних конструкцій

Запроєктовані зовнішні стінові огорожувальні конструкції:

Тип 1

- внутрішнє вапняно-піщане опорядження товщиною 20 мм;
- кладка з керамічної повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині товщиною 250 мм;
- клейова цементно-піщана суміш товщиною 10 мм;
- мінераловатні плити «VENTIROCK» або аналог теплопровідністю 0,037 Вт/м·К, густиною 87,5 кг/м³ та товщиною 200 мм;
- вентиляований повітряний прошарок товщиною 75 мм;
- зовнішнє опорядження алюмінієвими фасадними панелями товщиною 5 мм.

Тип 2

- внутрішнє вапняно-піщане опорядження товщиною 20 мм;
- залізобетонні панелі товщиною 250 мм;
- клейова цементно-піщана суміш товщиною 10 мм;
- мінераловатні плити «VENTIROCK» або аналог теплопровідністю 0,037 Вт/м·К, густиною 87,5 кг/м³ та товщиною 200 мм;
- вентиляований повітряний прошарок товщиною 75 мм;
- зовнішнє опорядження алюмінієвими фасадними панелями товщиною 5 мм.

Тип 3

- внутрішнє вапняно-піщане опорядження товщиною 20 мм;
- залізобетонна стіна фундаменту товщиною 500 мм;
- геотектиль;
- гідроізоляція;
- плити з екструдованого пінополістиролу «Europlex» або аналог теплопровідністю 0,037 Вт/м·К, густиною 35 кг/м³ та товщиною 150 мм;
- зовнішнє вапняно-піщане опорядження товщиною 20 мм.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							3
Зм.	Кільк	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Запроєктовані світлопрозорі огорожувальні конструкції та зовнішні двері

Зовнішні двері – металопластикові з ПВХ-профілю з заповненням двокамерним склопакетом з енергозберігаючим покриттям та глухі, металеві, утеплені, з ущільненням в притулах. Зовнішні двері мають бути сертифіковані та мати приведений опір теплопередачі не менше 0,70 м²·К/Вт.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції – металопластикові з ПВХ профілю з заповненням двокамерним склопакетом з енергозберігаючим покриттям та інертним газом (4i-12Ar-4-12Ar-4i). Світлопрозорі конструкції мають бути сертифіковані та мати приведений опір теплопередачі не менше 0,93 м²·К/Вт.

Запроєктоване суміщене покриття:

- монолітна плита товщиною 220 мм;
- пароізоляція товщиною 0,5 мм;
- мінераловатні плити «Frontrock Super» або аналог теплопровідністю 0,037 Вт/м·К, густиною 87,5 кг/м³ та товщиною 300 мм;
- гідроізоляційна плівка;
- похилоутворюючий шар з керамзитобетону густиною 600 кг/м³ та товщиною 100 мм;
- цементно-піщана стяжка товщиною 70 мм;
- руберойд товщиною 7,7 мм.

Запроєктоване перекриття неопалюваного горища (підлога технічного поверху):

- залізобетонне перекриття товщиною 220 мм;
- пароізоляція товщиною 0,5 мм;
- мінераловатні плити «Frontrock Super» або аналог теплопровідністю 0,037 Вт/м·К, густиною 87,5 кг/м³ та товщиною 250 мм;
- цементно-піщана стяжка товщиною 80 мм.

Запроєктоване перекриття над неопалюваним підвалом:

- індивідуальне покриття підлоги;
- цементно-піщана стяжка товщиною 30 мм;
- залізобетонне перекриття товщиною 200 мм;
- клейова цементно-піщана суміш товщиною 10 мм;
- плити з екструдованого пінополістиролу товщиною 170 мм;
- захисний шар товщиною 5 мм.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							4
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

2.3 Характеристика інженерних систем

2.3.1 Система опалення

Теплопостачання будівлі навчального корпусу здійснюється від зовнішніх теплових мереж. Приєднання системи опалення до теплової мережі передбачено в індивідуальному тепловому пункті (ІТП) з незалежним підключенням.

Теплоносієм для системи опалення служить вода з параметрами 90/70°C.

Система радіаторного опалення прийнята двотрубна з горизонтальною розводкою від розподільних колекторів, встановлених на кожному поверсі та вертикальними стояками.

В якості опалювальних приладів у приміщеннях, прийняті біметалеві секційні радіатори марки Kermi Profil-K тип 22.

Розрахункова температура внутрішнього повітря прийнята на підставі ДБН В.2.2-3:2018 "Будинки і споруди. Заклади освіти".

Підтримання заданої температури в опалювальних приміщеннях здійснюється за допомогою термостатичних клапанів фірми Danfoss, які встановлюються на кожному опалювальному приладі.

Опалювальні прилади, встановлюються на кронштейни підлогового та стінового кріплення. Трубопроводи системи опалення, що прокладаються під стелею передбачено з поліпропіленових труб зі скловолокном Fiber, PN20, $T_{\max}=+90^{\circ}\text{C}$, фірми Valrom, Україна.

Прокладка труб у підвалі та тех. поверсі передбачена відкрито. Стояки прокладаються у комунікаційних.

Трубопроводи що прокладаються у підвалі теплоізолюються циліндрами (фольговані) з базальтової вати, завтовшки $\delta=50$ мм. Трубопроводи що прокладаються в підлозі виконуються в тепловій ізоляції, завтовшки $\delta=6$ мм, у комунікаційних виконуються в тепловій ізоляції, завтовшки $\delta=9-13$ мм.

Для гідравлічного балансування системи опалення встановлюються автоматичні балансувальні клапани фірми Danfoss типу ASV-M на падаючому, та ASV-PV на зворотньому трубопроводі.

Трубопроводи в місцях перетину стін і перегородок прокласти в гільзах з негорючих матеріалів. Закладення зазорів в місцях прокладки трубопроводів передбачається негорючими матеріалами, які забезпечують нормативну межу вогнестійкості.

В місцях прокладання труб та установки опалювальних приладів передбачається відновлення пошкоджених будівельних конструкцій та оздоблення.

Видалення повітря з опалювальних приладів здійснюється за допомогою ручних повітрявиpusних клапанів (Маєвського) встановлених на кожному

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							5
Зм.	Кільк	Арк.	№док	Підпис	Дата		

опалювальному приладі, та за допомогою автоматичних повітрявипускних клапанів встановлених в верхніх точках системи опалення на кожному поверсі.

Злив теплоносія здійснюється в нижніх точках системи опалення, через зливні крани в ІТП.

Клас енергетичної ефективності системи опалення:

- Управління та моніторинг виділення енергії – В;
- Управління та моніторинг розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі – В;
- Управління та моніторинг циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів (на різних рівнях системи) – В;
- Управління та моніторинг періодичності зниження виділення енергії системою та/або розподілення теплоносія - В;
- Управління та моніторинг джерела енергії - В;
- Упорядкування джерела енергії – В.

2.3.2 Система вентиляції

Нормований повітрообмін приміщень забезпечується вентиляцією з механічним спонуканням.

Для навчального закладу запроєктовані системи вентиляції з припливно-витяжними установками в яких використовуються пластинчаті рекуператори.

Установки розташовані за підшивною стелею в приміщеннях коридорів та на технічному поверху.

Припливно-витяжні установки обладнані повітряними клапанами, фільтрами класу G4, секціями водяного нагріву в холодну пору року, системою автоматики, водозмішувальним вузлом системи теплопостачання. На кожному поверсі знаходяться незалежні припливно-витяжні вентиляційні установки, що обслуговують окремі приміщення за призначенням. Кожна припливно-витяжна установка комплектується пультом керування. Пульт керування розташувати у приміщенні що обслуговує вентиляційна установка.

Приплив та видалення повітря, передбачається з використанням дворядних регульованих решіток з верхніх зон приміщень. Регулювання кількості повітря і пусконаладження проєктних витрат повітря, передбачено за допомогою регульовальних дросель-клапанів, які встановлюються на відгалуженнях.

З приміщень вбиралень та санвузлів передбачається влаштування окремих систем витяжної вентиляції з механічним спонуканням за допомогою осьових каналних вентиляторів. Повітря видаляється з верхньої зони і викидається за допомогою повітроводу та видаляється зовні.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							6
Зм.	Кільк	Арк.	№док	Підпис	Дата		

Проектом передбачена механічна вентиляція учбових приміщень та приміщень перебування викладачів, а також санвузлів. Вентиляцію приміщень, що потребує окремого технічного завдання - таких як кінопроекторної, їдальні а також технічних приміщень таких, як щитових, тепловпунктів проектом не розглядається та передбачено залишити існуючу.

Для забезпечення покiмнатної подачі повітря з принципом "за вимогою" передбачене встановлення покiмнатних регуляторів витрати повітря із місцевим керуванням. Для забезпечення недопущення передавлювання приточною системою в режимі часткового використання присміщень передбачене керування обертами вентиляторів систем із від'ємним зворотнім зв'язком по тиску у подаючому повітропроводі.

Проектом передбачається підігрів повітря, що подається у холодну пору року. Джерелом тепlopостачання вентиляції є тепловпункт будівлі.

Оскільки навчання влітку не проводиться, охолодження повітря проектом не передбачається.

Повітропроводи системи вентиляції передбачається виконати із оцинкованої сталі.

Повітропроводи припливу повітря передбачається теплоізолювати окоейкою теплоізоляцією із фольгованого вспіненого поліетилену товщиною 5мм. Стики повтіропроводів скріпити саморізами по місцю та загерметизувати фольговою клейкою стрічкою.

Проходки систем через перекриття загерметизувати спеціальними засовбами із дотриманням межі вогнестікості перекриття. В місцях проходу через перекриття передбачити встановлення вогнезатримуючих клапанів із типорозмірами відповідно перерізу повітропроводів.

Клас енергетичної ефективності систем вентиляції та кондиціювання повітря:

- Управління та моніторинг повітряного потоку в приміщенні – В;
- Управління та моніторинг витрати повітря при його підготовці - В;
- Управління та моніторинг захисту теплообмінника від переохолодження - В;
- Управління та моніторинг захисту теплообмінника від перегрівання - В;
- Використання повітря з низькою температурою у системах охолодження з механічним спонуканням - В;
- Управління та моніторинг температури припливного повітря - В;
- Управління та моніторинг вологості – D.

2.3.3 Система ГВП

Гаряче водопостачання у будівлі - відсутнє.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							7
Зм.	Кільк	Арк.	№док	Підпис	Дата		

3. Розрахункові кліматичні параметри

Згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31 узагальнена розрахункова температура внутрішнього повітря приймається $t_b=20^{\circ}\text{C}$, розрахункове значення відносної вологості повітря $\phi_b=50\%$.

Згідно ДСТУ 9190:2022 тривалість опалюваного періоду для I температурної зони становить 4500 год.

Згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31 розрахункова температура зовнішнього повітря для умов м. Харків (I-а кліматична зона) складає $t_z=-22^{\circ}\text{C}$.

Середня температура найбільш холодного місяця (січень) складає $-5,9^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря найбільш холодного місяця складає 87%.

Згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010:

- середньомісячна температура зовнішнього повітря наведена в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Середньомісячна температура зовнішнього повітря

Область, місто	Середньомісячна температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
м. Харків	-5,9	-5,1	0	9	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1	-3,7

						2024-KH_2_2_D-EE						Арк.
												8
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата							

4. Нормативні вимоги

Згідно з п. 5.2 ДБН В.2.6-31:2021 нормативне значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій $R_{q\min}$, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$, становить:

- для зовнішніх стін – $4,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$;
- суміщеного покриття, що межує з зовнішнім повітрям – $7,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$;
- покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу, горищні перекриття неопалюваних горищ – $6,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$;
- для перекриттів над проїздами та над неопалюваними підвалами – $5,0 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$;
- для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – $0,9 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$;
- для зовнішніх дверей – $0,7 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$.

Згідно з п. 5.2.2 ДБН В.2.6-31-2021, при реконструкції, капітальному ремонті визначених проектною документацією частин будівлі, у тому числі з метою термомодернізації, для непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та зовнішніх дверей в місцях загального користування багатоквартирних житлових і громадських будівель допускається зниження значень приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від $R_{q\min}$ при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами $\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}$ та $\theta_{\text{tb,si,min}} > \theta_{\text{si,min}}$.

Згідно з додатком до Наказу Мінрегіону від 27.10.2020 р. №260, граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні для будівель закладів освіти становить:

$$EP_p = [55 \cdot 0,27 + 24] = 38,85 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

Показник компактності будівлі визначається за формулою:

$$\Lambda_{\text{bci}} = A_{\Sigma} / V = (5527,07 + 1352,6 + 1133,51 + 2486,1) / 38557,08 = 0,27$$

де A_{Σ} – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м^2 ;

V – кондиціонований об'єм будівлі, м^3 .

Коефіцієнт скління фасадів будинку m_w визначається за формулою:

$$m_w = (\Sigma A_{wi}) / (\Sigma A_{wi} + \Sigma A_i + \Sigma A_{fdi}) = 1965,82 / (3528,19 + 1965,82 + 33,06) = 0,36$$

де ΣA_{wi} – загальна сума площ світлопрозорих огорожувальних конструкцій фасадів, м^2 ;

ΣA_i та ΣA_{fdi} – загальні суми площ неспрозорих огорожувальних конструкцій фасадів (відповідно стін та дверей), м^2 .

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							9
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

5. Визначення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій

5.1 Зовнішні стіни

Тип 1

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з ДСТУ 9191:2022 або за результатами випробувань проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б:

- внутрішнє вапняно-піщане опорядження – 20 мм – $\lambda_b = 0,81 \text{ Вт/(м·К)}$;
- кладка з повнотілої керамічної цегли на цементно-піщаному розчині – 250 мм – $\lambda_b = 0,81 \text{ Вт/(м·К)}$;
- клейова цементно-піщана суміш – 10 мм – $\lambda_b = 0,93 \text{ Вт/(м·К)}$;
- мінераловатні плити «VENTIROCK» або аналог теплопровідністю не більше $0,037 \text{ Вт/м·К}$, густиною $87,5 \text{ кг/м}^3$ – 200 мм – $\lambda_b = 0,037 \text{ Вт/(м·К)}$;
- вентильований повітряний прошарок – в розрахунку не враховується;
- зовнішнє опорядження алюмінієвими фасадними панелями – в розрахунку не враховується.

Опір теплопередачі по основному полю розраховується за формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,2}{0,037} + \frac{1}{12} = 5,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі розрахований для всієї площі зовнішньої стіни (тип 1) по периметру будівлі з 2-го по 7-ий поверх.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- кронштейни для кріплення фасадної системи (4 шт. на 1 м^2) – точкові елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит (8 шт. на 1 м^2) – точкові елементи;
- відкоси в зонах перемички, підвіконня та рядового сполучення – лінійні елементи.

Площа зовнішньої стіни для визначення приведенного опору теплопередачі з урахуванням відкосів становить: $F_{\Sigma} = 2740,44 \text{ м}^2$.

Площа зовнішньої стіни для визначення опору теплопередачі по основному полю без урахування відкосів становить: $F_i = 2438,58 \text{ м}^2$.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							10
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1.1 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт тепло передачі, k, Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Вт/К,
Кронштейни для кріплення фасадної системи	-	9754	-	0,015
Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	-	19509	-	0,005
Відкоси в зонах перемички	687,6	-	0,062	-
Відкоси в зонах підвіконня	687,6	-	0,041	-
Відкоси в зонах рядового сполучення	637,2	-	0,053	-

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно формули (4) з ДСТУ 9191:2022 становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2438,58}{5,95} + 687,6 \cdot 0,062 + 687,6 \cdot 0,041 + 637,2 \cdot 0,053 + 19509 \cdot 0,005 + 9754 \cdot 0,015$$

$$= 3,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні зовнішніх стін згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,61 \cdot 8,7} = 18,66^\circ\text{C}$$

Температурний перепад розраховується згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.1):

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = 20 - 18,66 = 1,34^\circ\text{C},$$

Отже, умова виконується $\Delta\theta_{\text{пр}} = 1,34^\circ\text{C} \leq \Delta T_{\text{cr}} = 4,0^\circ\text{C}$.

Знаходимо по I-d діаграмі точку роси при $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$ і $\phi = 50\%$ та отримуємо $t_{\text{р}} = 9,3^\circ\text{C}$. Конденсат на площині внутрішньої поверхні стіни буде утворюватись в тому випадку, якщо $t_{\text{в}} < t_{\text{р}}$. Оскільки $18,66 > 9,3^\circ\text{C}$, то конденсації вологи не буде і конструкція стіни задовольняє вимогам норм.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам при застосуванні зниженого значення приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від R_{qmin} згідно з п. 5.2.2 ДБН В.2.6-31:2021.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							11
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Тип 2

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з ДСТУ 9191:2022 або за результатами випробувань проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б:

- внутрішнє вапняно-піщане опорядження – 20 мм – $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- залізобетонні панелі – 250 мм – $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- клейова цементно-піщана суміш – 10 мм – $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- мінераловатні плити «VENTIROCK» або аналог теплопровідністю не більше $0,037 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, густиною $87,5 \text{ кг/м}^3$ – 200 мм – $\lambda_B = 0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- вентильований повітряний прошарок – в розрахунку не враховується;
- зовнішнє опорядження алюмінієвими фасадними панелями – в розрахунку не враховується.

Опір теплопередачі по основному полю розраховується за формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{2,04} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,20}{0,037} + \frac{1}{12} = 5,76 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі розрахований для фрагменту зовнішньої стіни (тип 2) по фасаду будівлі у вісях Б-Ж, 1-ий поверх.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- кронштейни для кріплення фасадної системи (4 шт. на 1 м^2) – точкові елементи;
- дюбелі для кріплення мінераловатних плит (8 шт. на 1 м^2) – точкові елементи;
- відкоси в зонах перемички, підвіконня та рядового сполучення – лінійні елементи;

Площа зовнішньої стіни для визначення приведенного опору теплопередачі з урахуванням відкосів становить: $F_{\Sigma} = 76,61 \text{ м}^2$.

Площа зовнішньої стіни для визначення опору теплопередачі по основному полю без урахування відкосів становить: $F_i = 65,46 \text{ м}^2$.

Таблиця 5.1.2 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L , м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт тепло передачі, k , $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Вт/К
Кронштейни для кріплення фасадної системи	-	262	-	0,015

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							12
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Дюбелі для кріплення мінераловатних плит	-	524	-	0,005
Відкоси в зонах перемички	26,15	-	0,062	-
Відкоси в зонах підвіконня	26,15	-	0,041	-
Відкоси в зонах рядового сполучення	22,0	-	0,053	-

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно формули (4) з ДСТУ 9191:2022 становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{65,46 + 11,15}{\frac{65,46}{5,76} + 26,15 \cdot 0,061 + 26,15 \cdot 0,041 + 22 \cdot 0,053 + 524 \cdot 0,005 + 262 \cdot 0,015} = 3,52 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні зовнішніх стін згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{3,52 \cdot 8,7} = 18,63^\circ\text{C}$$

Температурний перепад розраховується згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.1):

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = 20 - 18,63 = 1,37^\circ\text{C},$$

Отже, умова виконується $\Delta\theta_{\text{пр}} = 1,37^\circ\text{C} \leq \Delta T_{\text{сг}} = 4,0^\circ\text{C}$.

Знаходимо по I-d діаграмі точку роси при $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$ і $\phi = 50\%$ та отримуємо $t_{\text{р}} = 9,3^\circ\text{C}$. Конденсат на площині внутрішньої поверхні стіни буде утворюватись в тому випадку, якщо $t_{\text{в}} < t_{\text{р}}$. Оскільки $18,63 > 9,3^\circ\text{C}$, то конденсації вологи не буде і конструкція стіни задовольняє вимогам норм.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам при застосуванні зниженого значення приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від R_{qmin} згідно з п. 5.2.2 ДБН В.2.6-31:2021.

Тип 3

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з ДСТУ 9191:2022 або за результатами випробувань проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б:

- внутрішнє вапняно-піщане опорядження – 20 мм – $\lambda_{\text{Б}} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- залізобетонна стіна фундаменту – 500 мм – $\lambda_{\text{Б}} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- гідроізоляція – в розрахунку не враховується;

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							13
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

– плити з екструдованого пінополістиролу «Europlex» або аналог теплопровідністю не більше 0,037 Вт/м·К, густиною 35 кг/м³ – 150 мм – $\lambda_B = 0,037 \text{ Вт/(м·К)}$;

– зовнішнє вапняно-піщане опорядження – 20 мм – $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт/(м·К)}$;

Опір теплопередачі по основному полю розраховується за формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,50}{2,04} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 4,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі розрахований для фрагменту зовнішніх стін (тип 3) по фасаду у вісях А-К, цокольний поверх.

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- дюбелі для кріплення пінополістирольних плит (8 шт. на 1 м²) – точкові елементи;

- відкоси в зонах перемички, підвіконня та рядового сполучення – лінійні елементи.

Площа зовнішньої стіни для визначення приведенного опору теплопередачі з урахуванням відкосів становить: $F_{\Sigma} = 158,94 \text{ м}^2$.

Площа зовнішньої стіни для визначення опору теплопередачі по основному полю без урахування відкосів становить: $F_i = 118,68 \text{ м}^2$.

Таблиця 5.1.3 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L, м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт тепло передачі, k, Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Вт/К,
Дюбелі для кріплення пінополістирольних плит	-	949	-	0,005
Відкоси в зонах перемички	36,86	-	0,081	-
Відкоси в зонах підвіконня	36,86	-	0,064	-
Відкоси в зонах рядового сполучення	60,48	-	0,071	-

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін згідно формули (4) з ДСТУ 9191:2022 становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{118,68 + 40,26}{\frac{118,68}{4,51} + 36,86 \cdot 0,081 + 36,86 \cdot 0,064 + 60,48 \cdot 0,071 + 949 \cdot 0,005} = 3,90 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		14

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні зовнішніх стін згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{si,H,i}=20-\frac{20-(-22)}{3,90\cdot 8,7}=18,76^{\circ}\text{C}$$

Температурний перепад розраховується згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.1):

$$\Delta\theta_{int-si}=20-18,76=1,24^{\circ}\text{C},$$

Отже, умова виконується $\Delta\theta_{пр}=1,24^{\circ}\text{C}\leq\Delta T_{cr}=4,0^{\circ}\text{C}$.

Знаходимо по I-d діаграмі точку роси при $t_B = 20^{\circ}\text{C}$ і $\phi = 50\%$ та отримуємо $\tau_p=9,3^{\circ}\text{C}$. Конденсат на площині внутрішньої поверхні стіни буде утворюватись в тому випадку, якщо $\tau_B<\tau_p$. Оскільки $18,76>9,3^{\circ}\text{C}$, то конденсації вологи не буде і конструкція стіни задовільняє вимогам норм.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам при застосуванні зниженого значення приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від R_{qmin} згідно з п. 5.2.2 ДБН В.2.6-31:2021.

5.2 Суміщене покриття

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з ДСТУ 9191:2022 або за результатами випробувань проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б:

- монолітна залізобетонна плита – 220 мм – $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- пароізоляція – 0,5 мм – $\lambda_B = 0,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- мінераловатні плити «Frontrock Super» або аналог теплопровідністю не більше $0,037 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$, густиною $87,5 \text{ кг}/\text{м}^3$ – 300 мм – $\lambda_B = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- гідроізоляційна плівка – в розрахунку не враховується;
- шар керамзитобетону густиною $600 \text{ кг}/\text{м}^3$ – 100 мм – $\lambda_B = 0,26 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- цементно-піщана стяжка – 70 мм – $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- руберойд – 7,7 мм – $\lambda_B = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Опір теплопередачі по основному полю розраховується за формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma}=\frac{1}{10,0}+\frac{0,22}{2,04}+\frac{0,0005}{0,3}+\frac{0,30}{0,037}+\frac{0,10}{0,26}+\frac{0,07}{0,93}+\frac{0,0077}{0,17}+\frac{1}{23}=8,87 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

Враховуючи планувальні характеристики будинку, коефіцієнт теплотехнічної однорідності γ , що визначає термічний вплив кутового сполучення та примикання конструкції перекриття до внутрішньої стіни, становить 0,9.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							15
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Тоді приведений опір теплопередачі суміщеного покриття становить:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = R_{\Sigma} \cdot r = 8,87 \cdot 0,90 = 7,98 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні суміщеного покриття згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{7,98 \cdot 10,0} = 19,47^{\circ}\text{C}$$

Температурний перепад розраховується згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.1):

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = 20 - 19,47 = 0,53^{\circ}\text{C},$$

Отже, умова виконується $\Delta\theta_{\text{пр}} = 0,53^{\circ}\text{C} \leq \Delta T_{\text{cr}} = 3,0^{\circ}\text{C}$.

Знаходимо по I-d діаграмі точку роси при $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$ і $\phi = 50\%$ та отримуємо $t_{\text{р}} = 9,3^{\circ}\text{C}$. Конденсат на площині внутрішньої поверхні перекриття буде утворюватись в тому випадку, якщо $\theta_{\text{в}} < t_{\text{р}}$. Оскільки $19,47 > 9,3^{\circ}\text{C}$, то конденсації вологи не буде і конструкція суміщеного покриття задовольняє вимогам норм.

Приведений опір теплопередачі суміщеного покриття відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам п. 5.2 ДБН В.2.6-31:2021.

5.3 Горищне перекриття неопалюваного горища

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з ДСТУ 9191:2022 або за результатами випробувань проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б:

- залізобетонне перекриття – 220 мм – $\lambda_{\text{Б}} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- пароізоляція – 0,5 мм – $\lambda_{\text{Б}} = 0,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- мінераловатні плити «Frontrock Super» або аналог теплопровідністю не більше $0,037 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, густиною $87,5 \text{ кг/м}^3$ – 250 мм – $\lambda_{\text{Б}} = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;
- цементно-піщана стяжка – 80 мм – $\lambda_{\text{Б}} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$;

Опір теплопередачі по основному полю розраховується за формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{10,0} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,0005}{0,3} + \frac{0,25}{0,037} + \frac{0,08}{0,93} + \frac{1}{6} = 7,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Враховуючи планувальні характеристики будинку, коефіцієнт теплотехнічної однорідності r , що визначає термічний вплив кутового сполучення та примикання конструкції перекриття до внутрішньої стіни, становить 0,90.

Тоді приведений опір теплопередачі горищного перекриття становить:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = R_{\Sigma} \cdot r = 7,22 \cdot 0,90 = 6,50 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							16
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні перекриття згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{si,H,i}=20-\frac{20-(-22)}{6,50\cdot10,0}=19,35^{\circ}\text{C}$$

Температурний перепад розраховується згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.1):

$$\Delta\theta_{int-si}=20-19,35=0,65^{\circ}\text{C},$$

Отже, умова виконується $\Delta\theta_{np}=0,65^{\circ}\text{C}\leq\Delta T_{cr}=3,0^{\circ}\text{C}$.

Знаходимо по I-d діаграмі точку роси при $t_B = 20^{\circ}\text{C}$ і $\phi = 50\%$ та отримуємо $t_p=9,3^{\circ}\text{C}$. Конденсат на площині внутрішньої поверхні перекриття буде утворюватись в тому випадку, якщо $\theta_B < t_p$. Оскільки $19,35 > 9,3^{\circ}\text{C}$, то конденсації води не буде і конструкція перекриття задовільняє вимогам норм.

Приведений опір теплопередачі горіщного перекриття неопалюваного горіща відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам R_{qmin} п. 5.2 ДБН В.2.6-31:2021.

5.4 Перекриття над неопалюваним підвалом

Величини розрахункових теплофізичних параметрів матеріалів, що використовуються, визначені згідно з ДСТУ 9191:2022 або за результатами випробувань проведених акредитованими лабораторіями для умов експлуатації Б:

- індивідуальне покриття підлоги – в розрахунку не враховується;
- цементно-піщана стяжка – 30 мм – $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- з/б перекриття – 200 мм – $\lambda_B = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- клейова цементно-піщана суміш – 10 мм – $\lambda_B = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- плити з екструдованого пінополістиролу типу «Europlex» – 170 мм – $\lambda_B = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
- захисний вапняно-піщаний шар – 5 мм – $\lambda_B = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

Опір теплопередачі по основному полю розраховується за формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma}=\frac{1}{5,9}+\frac{0,03}{0,93}+\frac{0,20}{2,04}+\frac{0,01}{0,93}+\frac{0,17}{0,037}+\frac{0,005}{0,81}+\frac{1}{12}=4,99 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

На фрагменті, що розглядається, присутні наступні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції:

- дюбелі для кріплення пінополістирольних плит (8 шт. на 1 м^2) – точкові елементи.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							17
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Таблиця 5.4.1 – Теплопровідні включення та їх кількісне вираження

Найменування теплопровідного включення	Протяжність, L , м	Кількість, шт.	Лінійний коефіцієнт тепло передачі, k , Вт/(м·К)	Точковий коефіцієнт теплопередачі, ψ , Вт/К,
Дюбелі для кріплення пінополістирольних плит	-	19889	-	0,005

Приведений опір теплопередачі перекриття згідно формули (4) з ДСТУ 9191:2022 становить:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{2486,1}{\frac{2486,1}{4,99} + 19889 \cdot 0,005} = 4,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні перекриття над неопалюваним підвалом згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{4,16 \cdot 5,9} = 19,49^\circ\text{C}$$

Температурний перепад розраховується згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.1):

$$\Delta\theta_{\text{int-si}} = 20 - 19,49 = 0,51^\circ\text{C},$$

Отже, умова виконується $\Delta\theta_{\text{инп}} = 0,51^\circ\text{C} \leq \Delta T_{\text{cr}} = 2,0^\circ\text{C}$.

Знаходимо по $I-d$ діаграмі точку роси при $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$ і $\phi = 50\%$ та отримуємо $t_{\text{р}} = 9,3^\circ\text{C}$. Конденсат на площині внутрішньої поверхні перекриття буде утворюватись в тому випадку, якщо $\theta_{\text{в}} < t_{\text{р}}$. Оскільки $19,49 > 9,3^\circ\text{C}$, то конденсації вологи не буде і конструкція перекриття задовольняє вимогам норм.

Приведений опір теплопередачі перекриття над неопалюваним підвалом відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам при застосуванні зниженого значення приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від R_{qmin} згідно з п. 5.2.2 ДБН В.2.6-31:2021.

5.5 Світлопрозорі конструкції

Зовнішні світлопрозорі конструкції – металопластикові з ПВХ профілю з заповненням 2-х камерним склопакетом з енергозберігаючим покриттям та інертним газом (4i-12Ar-4-12Ar-4i). Світлопрозорі конструкції мають бути сертифіковані та мати приведений опір теплопередачі не менше $0,93 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Для розрахунку приведенного опору теплопередачі, згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010, обрано світлопрозору конструкцію габаритними розмірами $4,7 \times 2,05$ м. Дистанційні рамки склопакетів із нержавіючої сталі.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							18
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

У відповідності до початкових даних визначаємо: $F_{\text{ол}}=3,08 \text{ м}^2$; $F_{\text{сп}}=6,56 \text{ м}^2$; $\Sigma F_i=9,64 \text{ м}^2$; $\Sigma L_j=13,5 \text{ м}$.

Для двокамерного склопакета з дистанційними рамками із нержавіючої сталі при глибині посадки склопакета у рамі $s=5 \text{ мм}$ приймаємо $\kappa_j=0,05 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$.

Розраховуємо величину приведенного опору теплопередачі світлопрозорої конструкції у цілому:

$$R_{\Sigma} = \frac{9,64}{3,08/0,8+6,75/1,14+0,05 \cdot 13,5} = 0,93 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021, мінімально допустиме значення температури на внутрішній поверхні, $\theta_{\text{si,min}}$, світлопрозорих огорожувальних конструкцій житлових і громадських будівель при розрахункових значеннях температур зовнішнього та внутрішнього повітря та відносної вологості внутрішнього повітря, прийнятих згідно з додатком Б, повинно бути не менше ніж температура точки роси θ_D , тобто не менше $9,3^\circ\text{С}$.

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні світлопрозорої конструкції згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{0,93 \cdot 8,0} = 14,35^\circ\text{С}$$

Отже, умова виконується $T_{\text{вmin}}=14,35^\circ\text{С} > T_{\text{min}}=9,3^\circ\text{С}$ ($t_{\text{в}}=20^\circ\text{С}$, $\phi_{\text{в}}=50\%$).

Приведена температура внутрішньої поверхні світлопрозорої частини огорожувальної конструкції, здатну забезпечити задану різницю температур для приміщення №40, 6-ий поверх розраховано згідно додатку Л ДСТУ 9191:2022 за формулою (Л.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = \frac{(20-4) \cdot (10,39+9,64) - 18,66 \cdot 10,39}{9,64} = 13,14^\circ\text{С}$$

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі світлопрозорої конструкції в зовнішньому огороженні приміщення №40, 6-ий поверх розраховують за формулою (Л.5):

$$R_{q \text{ min, gl}} = \frac{20 - (-22)}{(20 - 13,14) \cdot 8,0} = 0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Значення приведенного опору теплопередачі конкретної світлопрозорої конструкції в зовнішньому огороженні приміщення №40, 6-ий поверх більше мінімально допустимого значення відповідно до п. Л.4.

Приведений опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій будівлі відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам п. 5.2 ДБН В.2.6-31:2021.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		19

5.6 Зовнішні двері

Зовнішні двері – металопластикові з ПВХ-профілю з заповненням двокамерним склопакетом з енергозберігаючим покриттям та глухі, металеві, утеплені, з ущільненням в притулах.

Коефіцієнт опору теплопередачі не менше $0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Мінімальне значення температури внутрішньої поверхні світлопрозорої конструкції згідно додатку К ДСТУ 9191:2022 за формулою (К.3):

$$\theta_{\text{si,H,i}} = 20 - \frac{20 - (-22)}{0,7 \cdot 8,0} = 12,5^\circ\text{C}$$

Отже, умова виконується $T_{\text{vmin}} = 12,5^\circ\text{C} > T_{\text{min}} = 9,3^\circ\text{C}$ ($t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$, $\phi_{\text{в}} = 50\%$).

Приведений опір теплопередачі зовнішніх дверей відповідає мінімально допустимим нормативним вимогам п. 5.2 ДБН В.2.6-31:2021.

5.7 Проектне рішення огорожувальних конструкцій забезпечує виконання нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021 за температурними показниками.

Мінімальна температура на внутрішній поверхні зовнішніх непрозорих огорожувальних конструкцій не нижче ніж $9,3^\circ\text{C}$, на внутрішній поверхні світлопрозорих огорожувальних конструкцій – не нижче ніж $9,3^\circ\text{C}$.

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні стінових огорожень не перевищує $4,0^\circ\text{C}$, покриття – не перевищує $3,0^\circ\text{C}$, підлоги – перевищує $2,0^\circ\text{C}$.

Згідно з п. 5.2.2 ДБН В.2.6-31-2021, при реконструкції, капітальному ремонті визначених проектною документацією частин будівлі, у тому числі з метою термомодернізації, для непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та зовнішніх дверей в місцях загального користування багатоквартирних житлових і громадських будівель допускається зниження значень приведенного опору теплопередачі до рівня 75% від $R_{q\text{min}}$ при обов'язковому виконанні умов для цих елементів теплоізоляційної оболонки за формулами $\Delta\theta_{\text{int-si}} \leq \Delta\theta_{\text{int-si,max}}$ та $\theta_{\text{tb,si,min}} > \theta_{\text{si,min}}$.

Вид огорожувальної конструкції	$R_{q\text{min}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$R_{\Sigma\text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	$4,00 \times 0,75 = 3,00$	3,62
Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	$7,00 \times 0,75 = 5,25$	7,98
Горищне перекриття неопалюваного горища, покриття опалюваних горищ (технічних	$6,00 \times 0,75 = 4,5$	6,50

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		20

поверхів) та покриття мансардного типу		
Перекрытия, що межують із зовнішнім повітрям	$5,00 \times 0,75 = 3,75$	4,16
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	$0,90 \times 0,75 = 0,675$	0,93
Зовнішні двері	$0,7 \times 0,75 = 0,525$	0,70

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		21

6. Теплостійкість та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій

6.1 Теплостійкість огорожувальних конструкцій в літній період

Теплостійкість у літній період року дозволяється не перевіряти якщо середня температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця менше ніж 21°C.

6.2 Теплостійкість огорожувальних конструкцій в зимовий період

Згідно з п. 5.8 ДБН В.2.6-31 теплостійкість огорожувальних конструкцій в зимовий період року дозволяється не перевіряти при виконанні умови – за наявності в будівлі системи опалення з автоматичним регулюванням температури внутрішнього повітря. Ця умова виконується за рахунок автоматичного регулювання теплового потоку за допомогою вбудованих термостатів на кожному опалювальному приладі.

6.3 Теплозасвоєння поверхнею підлоги

Тип 1

Визначення показника теплозасвоєння поверхнею підлоги розраховується згідно ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013

Таблиця 6.3.1 – Теплофізичні характеристики конструкції підлоги

Номер шару	Матеріал	Товщина шару, м	Густина матеріалу, кг/м ³	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А	
				Тепло-провідність, Вт/(м·К)	Коефіцієнт тепло-засвоєння, Вт/(м ² ·К)
1	Керамічна плитка на клею	0,008	2000	0,96	11,63
2	Керамзитобетон	0,03	600	0,20	3,03

Таблиця 6.3.2 – Розрахунок теплових опорів шарів підлоги

Номер шару	Позначка	Значення, (м ² ·К)/Вт	Розрахунок
1	R ₁	0,008	0,008/0,96
2	R ₂	0,150	0,03/0,20

Таблиця 6.3.3 – Розрахунок теплових інерцій кожного шару підлоги

Номер шару	Познака	Значення	Розрахунок
1	D ₁	0,093	11,63·0,008
2	D ₂	0,634	3,03·0,150

Теплова інерція першого шару покриття підлоги D₁=0,093<0,5, а сумарна теплова інерція двох шарів D₁+D₂=0,093+0,455>0,5, тому показник теплозасвоєння поверхнею підлоги визначається за формулою:

$$Y_{\Pi}=Y_1=\frac{2R_1s_1^2+s_2}{0,5+R_1s_2}=\frac{2\cdot0,008\cdot11,63^2+3,03}{0,5+0,008\cdot3,03}=9,91 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}).$$

Отже, розрахунковий показник теплозасвоєння даної конструкції Y_п=9,91 Вт/(м²·К) не перевищує нормативний Y_п=12 Вт/(м²·К), що задовольняє умові п. 5.9 ДБН В.2.6-31 для закладів освіти.

Тип 2

Таблиця 6.4.1 – Теплофізичні характеристики конструкції підлоги

Номер шару	Матеріал	Товщина шару, м	Густина матеріалу, кг/м ³	Розрахункові характеристики в умовах експлуатації А	
				Тепло-провідність, Вт/(м·К)	Коефіцієнт тепло-засвоєння, Вт/(м ² ·К)
1	Паркетна дошка	0,02	500	0,14	3,87
2	Цементно-піщана стяжка	0,03	1800	0,76	9,6

Таблиця 6.4.2 – Розрахунок теплових опорів шарів підлоги

Номер шару	Познака	Значення, (м ² ·К)/Вт	Розрахунок
1	R ₁	0,143	0,02/0,14
2	R ₂	0,039	0,03/0,76

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		23

Таблиця 6.4.3 – Розрахунок теплових інерцій кожного шару підлоги

Номер шару	Познака	Значення	Розрахунок
1	D_1	0,553	$0,143 \cdot 3,87$
2	D_2	0,374	$0,039 \cdot 9,6$

Теплова інерція першого шару покриття підлоги $D_1=0,093<0,5$, а сумарна теплова інерція двох шарів $D_1+D_2=0,093+0,455>0,5$, тому показник теплозасвоєння поверхнею підлоги визначається за формулою:

$$Y_{\Pi}=Y_1=\frac{2R_1s_1^2+s_2}{0,5+R_1s_2}=\frac{2 \cdot 0,143 \cdot 3,87^2+9,6}{0,5+0,143 \cdot 9,6}=7,41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Отже, розрахунковий показник теплозасвоєння даної конструкції $Y_{\Pi}=7,41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ не перевищує нормативний $Y_{\Pi}=12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що задовольняє умові п. 5.9 ДБН В.2.6-31 для закладів освіти.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		24

7. Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій

Оцінка вологісного режиму огорожувальних конструкцій здійснюється згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 для кліматичних параметрів найбільш холодного місяця.

7.1 Тепловологісний стан конструкції зовнішньої стіни

Вхідні дані

Об'єкт зовнішня стіна з керамічної повнотілої цегли на цементно-піщаному розчині з фасадною теплоізоляцією на основі утеплювача із мінераловатних плит.

Теплофізичні дані для розрахунку кожного шару конструкції наведено в таблиці 7.1.1.

Таблиця 7.1.1 – Розрахункові характеристики матеріалів у складі огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , кг/м ³	Тепло-провідність λ , Вт/(м·К)	Коефіцієнт паропроникності μ , мг/(м·год·Па)	Опір паро-проникненню R_e , (м ² ·год·Па)/мг
внутрішнє вапняно-піщане опорядження	0,02	1600	0,81	0,12	0,167
керамічна цегла	0,25	1800	0,81	0,11	2,18
цементно-піщане опорядження	0,01	1800	0,93	0,09	0,111
мінераловатний утеплювач	0,2	87,5	0,037	0,5	0,400

Порядок розрахунку

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27 визначаються розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для січня місяця:

- $t_3 = -5,9^\circ\text{C}$;
- $\phi_3 = 87\%$.

Визначається температура та відносна вологість повітря приміщення. Для закладів освіти згідно з ДБН В.2.6-31 розрахункова відносна вологість приміщень становитиме $\phi_v = 50\%$.

За таблицею Б.1 ДСТУ-Н Б В.2.6-192 визначаються парціальні тиски насиченої водяної пари E , за формулами (6), (7) ДСТУ-Н Б В.2.6-192 – парціальні тиски водяної пари e :

- для внутрішнього повітря: $E_v = 2340$ Па, $e_v = 1170$ Па;
- для зовнішнього повітря у січні $E_3 = 372$ Па, $e_3 = 324$ Па;

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							25
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

За формулою (5) ДСТУ-Н Б В.2.6-192 розраховується розподіл температур на межах шарів конструкції за формулою, $t(x) = t_b - \frac{t_B - t_3}{R_\Sigma} \left(\frac{l}{a_B} + R_X \right)$ (табл. 7.2.1).

Таблиця 7.2.1 - Розподіл температур на границях шарів конструкції

Місяць	$t(1), ^\circ\text{C}$	$t(2), ^\circ\text{C}$	$t(3), ^\circ\text{C}$	$t(4), ^\circ\text{C}$	$t(5), ^\circ\text{C}$
Січень	19,5	19,4	18,1	18,1	-5,9

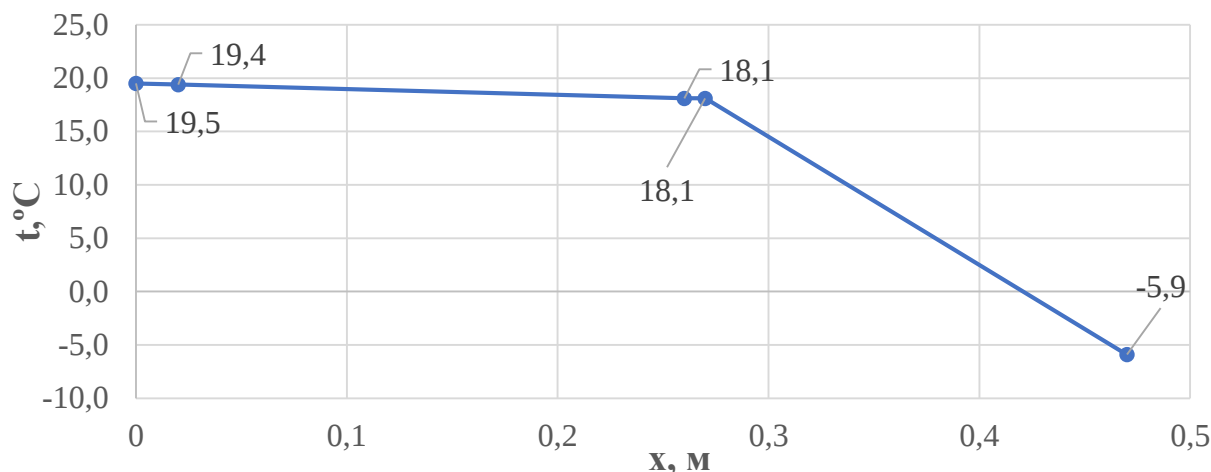


Рисунок 7.1.1 – Розподіл температур у товщі огорожувальної конструкції

В масштабі опорів паропроникненню R_e будується залежність парціального тиску насиченої водяної пари E та парціального тиску водяної пари e .

Таблиця 7.3.1 - Розподіл значень насиченої пари на границях шарів конструкції

Місяць	$E_1, \text{Па}$	$E_2, \text{Па}$	$E_3, \text{Па}$	$E_4, \text{Па}$	$E_5, \text{Па}$
Січень	2268	2254	2079	2079	372

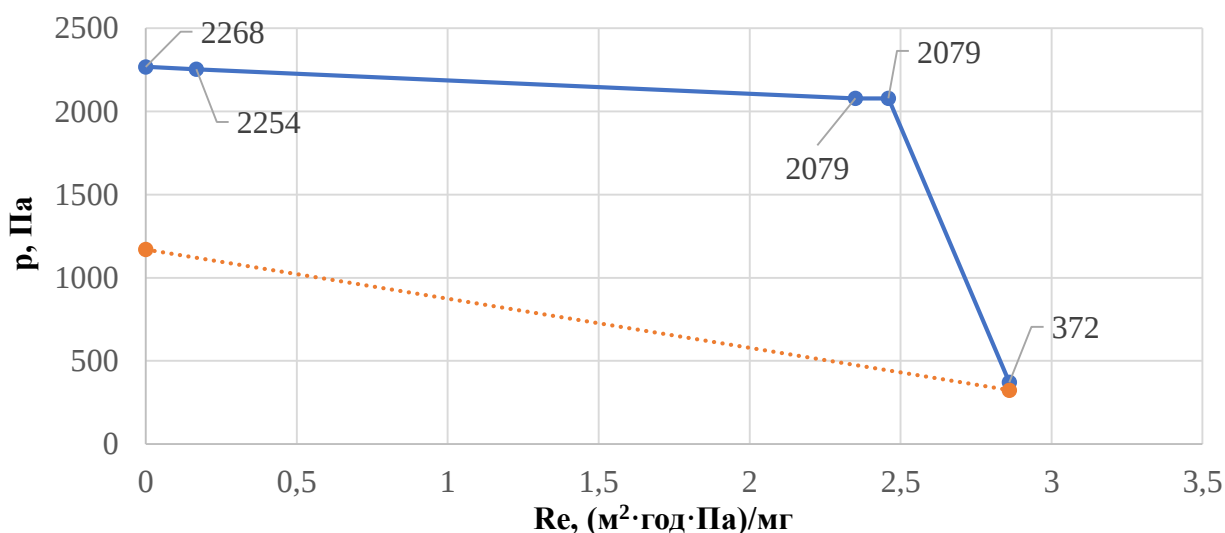


Рисунок 7.2.1 - Розподіл парціальних тисків в товщі огорожувальної конструкції за січень

Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата

2024-KH_2_2_D-EE

Арк.

26

За розподілом парціальних тисків (рисунок 7.2.1), оскільки лінії E та e не перетинаються, то конденсація водяної пари в товщі огорожувальної конструкції відсутня. Конструкція зовнішньої стіни задовольняє умови (1) та (2) ДСТУ-Н Б В.2.6-192.

Нормативна вимога 5.11 ДБН В.2.6-31 виконується.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							27
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

8. Розрахунок повітропроникності огорожувальних конструкцій будівлі

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій обов'язковим є виконання умови:

$$G^{\kappa} \leq G_n^{\kappa},$$

G_n^{κ} - нормативна повітропроникність огорожувальної конструкції, кг/(м²·год), яка визначається згідно з таблицею 1 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. Для зовнішньої непрозорої конструкції житлових і громадських будинків $G_n^{\kappa} = 0,4$ кг/(м²·год);

G^{κ} - повітропроникність огорожувальної конструкції, кг/(м²·год). Для багатошарових огорожувальних визначається за формулою:

$$G^{\kappa} = \left(\sum_{i=1}^m \frac{1}{G_i^{\Delta p}} \right)^{-1},$$

де $G_i^{\Delta p}$ - повітропроникність $G^{\Delta p}$ і-го шару конструкції, кг/(м²·год), яка визначається за формулою:

$$G^{\Delta p} = G^{\Delta p_0} \cdot \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^n,$$

де $G^{\Delta p_0}$ - масова повітропроникність огорожувальної конструкції при Δp_0 , яка визначається за результатами випробувань або згідно з таблицею 3 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013;

Δp_0 - різниця тисків, за якою визначається масова повітропроникність конструкцій експериментальним шляхом ($\Delta p_0 = 10$ Па);

n - показник фільтрації, який визначається за результатами випробувань. За відсутності точних даних приймається: для утеплювачів з мінеральної вати $n=1,5$; для цегляної кладки $n=0,8$; для вікон та дверей $n=0,67$;

Δp - розрахункова різниця тисків, Па. Визначається за формулою:

$$\Delta p = (H - h_i) \cdot (\gamma_z - \gamma_v) + 0,03 \cdot \gamma_z \cdot v^2 \cdot \beta_v = 19,3 \text{ Па}$$

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 і-го поверху, для якого проводиться розрахунок.

v - максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с, яка приймається згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27 ($v = 3,0$ м/с).

β_v - коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі, який приймається згідно з таблицею 2 ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013. $\beta_v = 1,195$;

γ_z, γ_v - питома вага відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, Н/м³, які розраховуються за формулами:

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							28
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

$$\gamma_3 = \frac{3463}{(273 + t_3)} = 13,8$$

$$\gamma_6 = \frac{3463}{(273 + t_6)} = 11,82$$

де t_3 - розрахункове значення температури зовнішнього повітря, °С, яке приймається залежно від температури зони згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31;
 $t_{вн}$ - розрахункове значення температури внутрішнього повітря, °С, яке приймається залежно від призначення будинку згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31.

Зовнішні стіни

- вапняно-піщане опорядження – 20 мм – $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);
- кладка з цегли – 250 мм – $\lambda_B = 0,81$ Вт/(м·К);
- цементно-піщане опорядження – 10 мм – $\lambda_B = 0,93$ Вт/(м·К);
- мінераловатні плити – 200 мм – $\lambda_B = 0,037$ Вт/(м·К);

Дана конструкція відноситься до багатошарової конструкції з послідовним розміщенням шарів.

Відповідно до таблиці 3 або за результатами випробувань визначають повітропроникність однорідних ділянок конструкції при різниці тиску $\Delta p = 10$ Па.

Повітропроникність:

- опорядження відповідно до таблиці 3: $G_1^{4p_0} = 0,07$ кг/(м²·год);
- кладка з цегли відповідно до таблиці 3: $G_2^{4p_0} = 0,56$ кг/(м²·год);
- опорядження відповідно до таблиці 3: $G_3^{4p_0} = 0,07$ кг/(м²·год);
- утеплювач мінераловатний відповідно до таблиці 3: $G_4^{4p_0} = 0,127$ кг/(м²·год).

Коефіцієнт урахування швидкості руху зовнішнього повітря залежно від висоти будівлі:

$$\Delta p = 19,3 \text{ Па.}$$

Повітропроникність при розрахунковій різниці тисків за формулою:

- повітропроникність внутрішнього опорядження:

$$G_1^{\Delta p} = 0,07 \cdot (19,3 / 10)^{0,8} = 0,118 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год);}$$

- повітропроникність кладки з цегли:

$$G_2^{\Delta p} = 0,56 \cdot (19,3 / 10)^{0,8} = 0,948 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год);}$$

- повітропроникність опорядження:

$$G_3^{\Delta p} = 0,07 \cdot (19,3 / 10)^{0,8} = 0,118 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год);}$$

- повітропроникність мінераловатного утеплювача:

$$G_4^{\Delta p} = 0,127 \cdot (19,3 / 10)^{0,8} = 0,215 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год);}$$

Масова повітропроникність конструкції з послідовним розміщенням шарів визначається за формулою:

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							29
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

$$G^k = \left(\frac{1}{0,118} + \frac{1}{0,948} + \frac{1}{0,118} + \frac{1}{0,215} \right)^{-1} = 0,044 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

Нормативна масова повітропроникність стіни становить: $G^k_n = 0,4$ кг/(м²· год).

Масова повітропроникність стінової конструкції відповідає нормативним вимогам, про що свідчить виконання умови $G_k \leq G^k_n$.

Світлопрозорі конструкції

За технічними характеристиками виробника світлопрозорі конструкції мають повітропроникність $G^k \leq 4$ кг/(м²·год).

Зовнішні двері

За технічними характеристиками виробника зовнішні двері мають повітропроникність $G^k \leq 2,3$ кг/(м²·год).

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		30

9. Оцінка енергоефективності будівлі

9.1 Оцінка енергоефективності

Розрахунок виконаний за ДСТУ 9190:2022.

Таблиця 9.1 - Площі зовнішніх огорожень будинку

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Загальна площа, м ²
1	Зовнішні стіни	3528,19
2	Суміщене покриття	1352,60
3	Горищне перекриття неопалюваного горища	1133,51
4	Перекриття над неопалюваним підвалом	2486,1
5	Світлопрозорі конструкції	1965,82
6	Зовнішні двері	33,06

Розрахунок проводиться однозонний.

Опалювана площа будівлі становить $A_f = 10394,46 \text{ м}^2$. Опалювальний об'єм будівлі становить $V_f = 38557,08 \text{ м}^3$.

Характеристики теплопередачі трансмісією

Приведені опори теплопередачі та узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією зовнішніх огорожувальних конструкцій приведені в таблиці 9.2, як для режиму опалення так і для режиму охолодження.

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

Таблиця 9.2 - Характеристики теплопередачі трансмісії

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	$A_i, \text{м}^2$	$R_{\Sigma}, \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$U, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\Delta U, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$b_{\text{тр},\text{х},\text{Н}}$	$b_{\text{тр},\text{х},\text{С}}$	$H_{\text{х},\text{Н}}, \text{Вт}/\text{К}$	$H_{\text{х},\text{С}}, \text{Вт}/\text{К}$
1	Зовнішні стіни	3528,19	3,62	0,276	0,1	1	1	1326,7	1326,7
2	Суміщене покриття	1352,60	7,98	0,125	0,1	1	1	304,3	304,3
3	Горищне перекриття неопалюваного горища	1133,51	6,50	0,154	0,1	0,9	0	259,1	0,0
4	Перекриття над неопалюваним підвалом	2486,1	4,160	0,24	0,1	0,3	0,3	592,4	592,4
5	Світлопрозорі конструкції	1965,82	0,93	1,080	-	1	1	2123,1	2123,1
6	Зовнішні двері	33,06	0,70	1,430	-	1	1	47,3	47,3

						2024-KH_2_2_D-EE				Арк.
										31
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата					

$$H_{tr,adj,H} = H_D + H_g + H_U + H_A = 4652,97 \text{ Вт/К};$$

$$H_{tr,adj,C} = H_D + H_g + H_U + H_A = 4393,77 \text{ Вт/К};$$

Сумарна теплопередача трансмісією для кожного місяця приведена в таблиці 9.4 для режиму опалення та в таблиці 9.5 для режиму охолодження.

Характеристики теплопередачі вентиляцією

У будівлі передбачена загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням та рекуперацією тепла.

Сумарна теплопередача вентиляцією приведена в таблиці 9.3 для режиму опалення та в таблиці 9.3 для режиму охолодження.

Таблиця 9.3 - Сумарна теплопередача вентиляцією

Механічна витяжна вентиляція		
Витрата повітря		4473,13
Поправочний коефіцієнт температури припливного повітря		1
Частка годин роботи від загальної кількості годин на добу		0,298
Об'єм повітря		32774
Поправочний коефіцієнт зниження об'єму повітря		0,85
Кратність повітрообміну		0,458
Коефіцієнт теплопередачі вентиляцією (опалення)		3251,0
Коефіцієнт теплопередачі вентиляцією (охолодження)		2825,6
Припливно-витяжна механічна вентиляція з рекуперацією		
Витрата повітря		8990
Частка годин роботи від загальної кількості годин на добу		0,298
Частка повітряного потоку		1
Поправочний коефіцієнт	Пластинчатий теплообмінник	0,5
Коефіцієнт теплопередачі вентиляцією		1510,3

Місто		Харків
Клас повітропроникності конструкцій	герметична	3
Надбавковий коефіцієнт	утеплені мінераловатними плитами	1,1
Період	опалення	охолодження
Середня температура зовнішнього повітря	-1	20,9
Питома вага зовнішнього повітря	12,7	11,8
Питома вага внутрішнього повітря	11,8	11,7
Перепад гравітаційного тиску	13,1	1,5
Кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації	0,226	0,171
Усереднена за часом витрата повітря за рахунок інфільтрації	5202,5	3936,4

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		32

Коефіцієнт, що враховує зміну швидкості повітря за висотою будівлі				1,37						
	Повітропроникність через отвори (опалення)	Повітропроникність через отвори (охолодження)	Середня швидкість вітру січень	Середня швидкість вітру липень	Перепад вітрового тиску опалення	Перепад вітрового тиску охолодження	Повторюваність напрямку вітру за січень	Повторюваність напрямку вітру за липень	Приведені витрати повітря для опалення	Приведені витрати повітря для охолодження
Пн	2544,75	2544,75	4,5	3,7	10,57	6,64	8	16,9	2669,2	2954,3
ПнСх	0,00	0	4,2	4,1	9,21	8,15	8,2	14,5	0,0	0,0
Сх	577,56	577,56	4,7	4,2	11,53	8,56	15,3	14,2	942,5	706,7
ПдСх	0,00	0	4,2	4	9,21	7,76	12,5	8,8	0,0	0,0
Пд	2072,07	2072,07	4,4	3,4	10,11	5,61	10,7	6	2511,0	1099,9
ПдЗх	0,00	0	4,6	3,9	11,04	7,38	15,8	7,4	0,0	0,0
Зх	703,08	703,08	4,6	3,9	11,04	7,38	18,9	16,4	1274,0	857,9
ПнЗх	0,00	0	4,2	3,6	9,21	6,29	10,6	15,8	0,0	0,0

Значення загального коефіцієнту теплопередачі вентиляцією для опалювального періоду та періоду охолодження становить:

$$H_{ve,adj,H} = 5202,5 \text{ Вт/К}$$

$$H_{ve,adj,C} = 3936,4 \text{ Вт/К.}$$

Сумарна теплопередача вентиляцією приведена в таблиці 9.4 для режиму опалення та в таблиці 9.5 для режиму охолодження.

Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається, Q_{int} , Вт год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{int} = (\sum \Phi_{int, mn, k} \cdot A_f) \cdot t$$

- внутрішній тепловий потік від людей $\Phi_{int, Oc} = 7 \text{ Вт/м}^2$;

- внутрішній тепловий потік від освітлення $\Phi_{int, L} = 7 \text{ Вт/м}^2$;

- внутрішній тепловий потік від обладнання $\Phi_{int, A} = 6 \text{ Вт/м}^2$;

- t - тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць, 50 год.

Загальна сумарна величина усередненого теплового потоку для приміщень закладів освіти становить $\Phi_{int} = \frac{50 \cdot (7+6+6)}{168} = 5,95 \text{ Вт/м}^2$.

Внутрішні теплонадходження наведені в таблиці 9.3.

Характеристики сонячних теплонадходжень

Середньомісячна сонячна радіація на відповідні площини визначена згідно з додатком А і приведена в таблиці 9.3.

						2024-KH_2_2_D-EE				Арк.
										33
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата					

Коефіцієнт загального пропускання сонячної енергії при нормальному куті падіння $g_n = 0,5$. Відповідно, загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії становить $g_{gl} = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45$.

Частка обрамлення приймається $F_F = 0,3$.

Коефіцієнт затінення - $F_{sh,gl} = 1$.

Безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною становить для стін $\alpha_{s,ни} = 0,1$. Теплове випромінювання в атмосферу враховує для стін $\varepsilon = 0,06$. Теплонадходження від сонця наведені в таблиці 9.3.

Таблиця 9.3 – Кліматичні дані та сумарні внутрішні і сонячні теплонадходження

Місяць року	Параметр			
	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	$t, \text{год}$	$Q_{sol}, \text{кВт*год}$	$Q_{int}, \text{кВт*год}$
Січень	-5,90	744	10883,7	43062,8
Лютий	-5,10	672	18216,7	41577,8
Березень	0,00	744	27884,0	44547,7
Квітень	9,00	720	29819,7	43062,8
Травень	15,50	744	37681,5	41577,8
Червень	18,90	720	37740,4	41577,8
Липень	20,70	744	38705,7	13364,3
Серпень	19,70	744	36099,2	13364,3
Вересень	14,10	720	29720,2	44547,7
Жовтень	7,50	744	21194,4	44547,7
Листопад	1,00	720	10409,2	44547,7
Грудень	-3,70	744	8650,6	44547,7

Динамічні параметри

Сумарна теплопередача та теплові надходження приведені в таблиці 9.4 для режиму опалення та в таблиці 9.5 для режиму охолодження.

Будівля є середньою, внутрішня теплоємність будівлі на одиницю площі становить $C = 50 \text{ Вт*год}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Внутрішня теплоємність будівлі становить: $C_m = 50 \cdot 10394,46 = 519723,0 \text{ Вт*год/К}$.

Часова константа будівлі становить:

- для режиму опалення:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}} = 55,2 \text{ год}$$

- для режиму охолодження:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}} = 59,5 \text{ год}$$

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							34
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Безрозмірний числовий параметр α_H становить:

- для режиму опалення:

$$\alpha_H = \alpha_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 4,7$$

- для режиму охолодження:

$$\alpha_C = \alpha_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}} = 5,0$$

Внутрішні умови

Внутрішня задана температура на опалення будівлі становить $\theta_{int,H,set} = 20^\circ\text{C}$.

Внутрішня задана температура на охолодження будівлі становить $\theta_{int,C,set} = 24^\circ\text{C}$.

Енергопотреби для опалення та охолодження

Енергопотреби для опалення розраховані для кожного місяця приведені в таблиці 9.4, для охолодження - в таблиці 9.5.

Таблиця 9.4 – Розрахунок енергопотреби для опалення

Місяць року	Параметр									
	$Q_{pre-heat},$ кВт·год	$Q_{tr},$ кВт·год	$Q_{ve},$ кВт·год	$Q_{ht},$ кВт·год	$Q_{sol},$ кВт·год	$Q_{int},$ кВт·год	$Q_{gn},$ кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}, \%$	$Q_{H,nd},$ кВт·год
Січень	28249	89661	91748	181409	10884	43063	53947	0,297	0,998	99322
Лютий	24423	78483	80310	158793	18217	41578	59795	0,377	0,994	74934
Березень	21148	69236	70848	140084	27884	44548	72432	0,517	0,978	48099
Квітень	10050	36852	37709	74561	29820	43063	72883	0,977	0,834	3727
Травень	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0
Червень	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0
Липень	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0
Серпень	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0
Вересень	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,000	0
Жовтень	13119	43273	44280	87553	21194	44548	65742	0,751	0,919	14017
Листопад	19842	63653	65135	128788	10409	44548	54957	0,427	0,989	54593
Грудень	25877	82045	83955	166000	8651	44548	53199	0,320	0,997	87085
Всього	142708	463203	473985	937188	127059	305896	432955	-	-	381775

Таблиця 9.5 – Розрахунок енергопотреб для охолодження

Місяць року	Параметр								
	Q_{tr} , кВт·год	Q_{ve} , кВт·год	Q_{cl} , кВт·год	Q_{sol} , кВт·год	Q_{int} , кВт·год	Q_{gn} , кВт·год	η_c	$\eta_{c,ls}$, %	$Q_{C,nd}$, кВт·год
Травень	27786	27420	55206	37681	41578	79259	1,436	0,944	27144
Червень	16134	15921	32055	37740	41578	79318	2,474	0,994	47455
Липень	10788	10646	21434	38706	13364	52070	2,429	0,993	30787
Серпень	14057	13871	27928	36099	13364	49463	1,771	0,974	22262
Вересень	31319	30906	62225	29720	44548	74268	1,194	0,898	18390
Всього	100084	98764	198848	179946	154432	334378	-	-	146038

Енергопотреби для гарячого водопостачання

Розраховується за значенням нормативної приведенної величини, яка для закладів освіти становить 10 кВт·год/м².

Тоді, - $Q_{DHW,nd} = 10 \cdot 10394,46 = 103944,6$ кВт·год.

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

Тривалість опалювального періоду прийнято фіксованою як для I температурної зони України, що становить 4500 год. Тривалість періоду охолодження становить 952 год.

Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми тепловіддачі/виділення)

Результати розрахунків представлені в табл. 9.6.

Таблиця 9.6 - Тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення

Гідравлічне налагодження	Двотрубна Налагоджена, > 8 приладів Наявні автоматичні регулятори перепаду тиску на стояках (вітках) з більш ніж вісьмома опалювальними приладами або наявне тільки статичне налагодження системи (ручні балансувальні клапани).	1,01
Застосування періодичного теплового режиму	Постійний тепловий режим	1
Променева складова потоку		1
Температурний напір	60 К (наприклад, 90/70)	0,88
Специфічні тепловтрати через зовнішні огороження	Опалювальний прилад встановлено біля зовнішньої стіни: вікно з радіаційним захистом;	0,88
Вертикальний профіль температури приміщення		0,88

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		36

Регулювання температури приміщення	П-регулювання (2 K*)	0,93
Довжина трубопроводу	Горизонтальні	520
	стояки	-
	з'єднувальні	7200
Температура оточуючого середовища	приміщення	20
Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів	Ізольовані, після 2014 року	0,2
	Ізольовані, після 2014 року	-
	Ізольовані, після 2014 року	0,4
Середня температура теплоносія за місяцем	°C	59,49
Сезонна ефективність генерування		0,93
Коефіцієнт змінного режиму при опаленні	Відсутнє	1
Річна потреба в додатковій енергії		250
Опалювальний період, год	I температурная зона	4500
Кількість насосів		10
Додаткова енергія тепловіддачі		-

Загальна ефективність розподілення та тепловіддавання/виділення теплоти для системи попереднього підігрівання	0,92
Ефективність підсистеми виробництва системи центрального попереднього підігрівання	0,93
Енергопотреба для попереднього підігріву припливного повітря, кВт	142707
Загальна енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування під час центрального попереднього підігрівання припливного повітря, кВт*год	155116
Річне енергоспоживання під час попереднього підігрівання, кВт*год	166791

Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми розподілення)

Таблиця 9.7 – Тепловтрати підсистем розподілення

Місяці	1	2	3	4	10	11	12
Неутилізаційні тепловитрати	4487,8	4053,5	4178,3	2215,2	2340,0	3893,8	4333,1
Утилізаційні тепловитрати	92137,0	83220,5	83566,1	42940,8	45360,0	76723,2	87851,5
Коефіцієнт використання надходжень	0,998	0,994	0,978	0,834	0,919	0,989	0,997
Утилізовані тепловитрати в приміщенні	82757,5	74449,1	73554,9	32231,4	37517,3	68291,3	78829,2
Неутилізовані тепловитрати	13867,3	12824,9	14189,5	12924,6	10182,7	12325,7	13355,4

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							37
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Загальне енергоспоживання при опаленні (підсистеми виробництва/генерування теплоти)

Ефективність підсистеми виробництва/генерування теплоти - $\eta_{H,gen} = 93\%$.

Загальне енергоспоживання при опаленні

Результати на річній основі представлені в таблиці 9.8.

Таблиця 9.8 – Результати розрахунку енергоспоживання будівлі при опаленні

Питомі втрати зовнішніх огорожень							1
Загальний рівень ефективності							0,840
Місяці	1	2	3	4	10	11	12
Енергія виходу від підсистеми	99321509	74934003	48098558	3726804	14016687	54592868	87084504
Загальні тепловтрати підсистем тепловіддачі/виділення	20062945	15136669	9715909	752814	2831371	11027759	17591070
Енергія входу до підсистеми тепловіддачі	103366199	78033993	50212740	3977340	14766434	56895464	90644937
Загальна енергія входу до підсистеми тепловіддачі							397897 кВт

Сума утилізованих тепловтрат	447630,7
Сума неутілізованих тепловтрат	89670,1
Енергія виходу з підсистеми розподілення	397897,0
Енергія входу в підсистему розподілення	487567,1
Підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти	
Енергія виходу з підсистеми виробництва	487567,1
Загальні тепловитрати підсистеми виробництва/генерування	36698,60
Споживання теплової енергії при опаленні	
Річне споживання енергії при опаленні	691056,70
Співвідношення	0,9
Додаткова енергія підсистеми розподілення	2250,00
Додаткова енергія для опалення	2250,00
Сумарне енергоспоживання при опаленні	693306,7
Питоме енергоспоживання будівлі при опаленні	17,98

Загальне енергоспоживання при охолодженні

Результати розрахунку енергоспоживання при охолодженні представлені в таблиці 9.9.

Таблиця 9.9 - Енергоспоживання при охолодженні

Тип вентилятора	-	-
-----------------	---	---

Тривалість часу охолодження	Харків	952
Усереднені річні коефіцієнти охолодження	Відсутня	-
		-
		-
Додаткова енергія	-	-
Ефективність автоматичного управління	Відсутня	0,93
Ефективність підсистеми	Відсутня	2,4
Енергопотреба на охолодження		146038,0
Річні тепловитрати підсистемою розподілення		-
Енергія входу до підсистеми розподілення		146038,0
Енергія виходу з підсистеми генерування		157030,1
Загальні тепловитрати підсистеми генерування		-91600,9
Енергоспоживання при охолодженні		65429,2
Додаткова енергія для підсистеми тепловіддачі		0,0
Додаткова енергія для підсистеми розподілення		0,0
Додаткова енергія при охолодженні		0,0
Загальне енергоспоживання при охолодженні		65429,2
Питоме енергоспоживання будівлі при охолодженні		1,70

Енергоспоживання ГВП

Приготування води на потреби гарячого водопостачання - відсутнє.

Результати розрахунку енергоспоживання при ГВП представлені в таблиці 9.10.

Таблиця 9.10 - Енергоспоживання при ГВП

Питомі річна енергопотреба	Будівлі навчальних закладів	10
Довжина трубопроводу	Розподільчі	-
	Стояки	-
	Горизонтальні	-
Температура оточуючого середовища	Техпідпілля	-
	Приміщення (опалення)	20
	Приміщення (охолодження)	20
Середня температура у секції гарячої води		55
Лінійні коеф. Теплопередачі	-	-
	-	-
	-	-
Період користування ГВП		2607

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							39
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Додаткові втрати теплоти при зливанні непрогрітої води	-	-
Частка тепловтрат в підсистемі розподілення ГВП, що можуть бути утилізовані		0,5
Частка додаткового енергоспоживання при розподіленні, що може бути утилізована		0,8
Сезонна ефективність генерування		0,99
Тепловтрати для трубопроводів		-
		-
		-
Сумарне значення		-
Річна енергопотреба		103944,6
Тепловтрати використаної води при водорозборі		-
Річні тепловтрати циркуляційного контуру ГВП		-
Лінійний коефіцієнт теплопередачі циркуляційного трубопроводу		-
Довжина циркуляційного трубопроводу		-
Внутрішній діаметр циркуляційного трубопроводу		-
Додаткова енергія для підсистем розподілення		-
Утилізаційні регулярні тепловитрати		-
Річний обсяг енергоспоживання		104994,5
Загальний обсяг енергоспоживання		104994,5
Питоме енергоспоживання будівлі при ГВП		2,72

Енергоспоживання при освітленні

Результати розрахунку енергоспоживання при освітленні представлені в таблиці 9.11.

Таблиця 9.11 - Енергоспоживання при освітленні

Будівлі навчальних закладів			10394,46
Питома потужність встановленого штучного освітлення			9
Постійний коефіцієнт яскравості	Fc	Відсутня cte	1
Коефіцієнт використання освітлення	Fo	Ручний	1
Коефіцієнт природного освітлення	FD	Ручний	1
Загальна встановлена питома потужність	Рет		0
	Ррс		0
Час використання природного освітлення			1800
Час використання штучного освітлення			200
Енергія необхідна для виконання функції штучного освітлення			187100,3
Паразитна енергія			0
Річний обсяг енергоспоживання при освітленні			187100,3

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		40

Енергоспоживання при вентиляції

Результати розрахунку енергоспоживання при вентиляції представлені в таблиці 9.12.

Таблиця 9.12 - Енергоспоживання при вентиляції

Енергоспоживання вентиляторами		87386,6
Електрична потужність вентилятора		33,52
Час роботи системи вентиляції		2607
Об'ємна витра повітря		30168
Питома потужність вентилятора	Збалансована система вентиляції із попереднім підігрівом та/або попереднім охолодженням та блоком рекуперації тепла	4
Енергоспоживання вентиляторами		5500,77
Електрична потужність вентилятора		2,11
Час роботи системи вентиляції		2607
Об'ємна витра повітря		7600
Питома потужність вентилятора	Лише витяжна вентиляція	1
Загальне енергоспоживання		92887,4
Питоме енергоспоживання		2,41

Споживання первинної енергії та питомий показник викидів парникових газів

Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів проведено відповідно згідно наказу № 261 «Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель»

Результати розрахунку представлені в таблиці 9.13.

Таблиця 9.13 - Споживання первинної енергії та питомий показник викидів парникових газів

Первинна енергія		2027327,2		
Питомий показник споживання первинної енергії		195,0		
Маса викидів парникових газів		369432,5		
Питомий показник викидів парникових газів		35,5		
Поставлена енергія				
Експортована енергія		0		
Енергоспоживання опалення		526515,7	1,3	260
Енергоспоживання попереднього підігріву припливного повітря		166791	1,3	260
Енергоспоживання охолодження		65429,20	2,5	420
ГВП		104994,5	2,5	420
Енергоспоживання вентиляції		92887,4	2,5	420
Енергоспоживання освітлення		187100,3	2,5	420

ВИМОГИ ДО ПОКАЗНИКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Загальний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{\max},$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергоспоживання будівлі, що визначаються згідно з 5.2;

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

Згідно з додатком до Наказу Міністерства від 27.10.2020 р. №260, граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні для будівель закладів освіти становить:

$$EP_p = [55 \cdot 0,27 + 24] = 38,85 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3.$$

Показник компактності будівлі визначається за формулою:

$$\Lambda_{bci} = A_{\Sigma} / V = 0,27$$

де, A_{Σ} – загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій, включаючи покриття (перекриття) верхнього поверху і переkritтя (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м²;

V – кондиціонований об'єм будівлі, м³.

Визначаємо клас енергетичної ефективності:

$$\left[\frac{EP - EP_{\max}}{EP_{\max}} \right] \times 100\% = \left[\frac{(19,68 - 38,85)}{38,85} \right] \times 100\% = -49,3\%$$

Клас енергетичної ефективності будівлі відповідає класу енергоефективності «В». Інженерне обладнання відповідає класу енергоефективності «В».

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							42
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

10. Зведені характеристики будівлі

Таблиця 10.1 - Загальні характеристики

Призначення будівлі (відповідно до таблиці 1 Методики [2])	Будівлі закладів освіти
Призначення будівлі (згідно з ДСТУ XXXX)	Будівлі закладів освіти
Загальна площа, м ²	10852,90
Загальний об'єм, м ³	38824,40
Кондиціонована (опалювана) площа, м ²	10394,46
Кондиціонований (опалюваний) об'єм, м ³	38557,10
Об'єм для вентиляції, м ³	32774,0
Кількість поверхів	7+техповерх
Рік введення в експлуатацію	капітальний ремонт
Тип зовнішніх огорожувальних конструкцій	Керамічна цегла
Температурна зона	I
Архітектурно-будівельний кліматичний район	I
Вологісний режим приміщень	Нормальний
Тип ґрунту	Пісок або гравій
Тип місцевості	Середньозахищений
Середня висота приміщення, м	3,71
Внутрішня теплоємність, Вт·год/(м ² ·К)	50
Наявність приміщень з різним функціональним призначенням у складі будівлі, їх характеристики (за зонами):	-
- кондиціонована (опалювана) площа, м ²	-
- кондиціонований (опалюваний) об'єм, м ³	-
- об'єм для вентиляції, м ³	-
Показник компактності будівлі, м ⁻¹	0,27
Кількість під'їздів або входів	7
Графік опалення, год/тиждень	50
Графік охолодження, год/тиждень	50
Задана температура зони будівлі для опалення, °С	20
Задана температура зони будівлі для охолодження, °С	24
Температура чергового режиму опалення, °С	-
Температура чергового режиму охолодження, °С	-

Таблиця 10.2 - Теплотехнічні характеристики

Вид огорожувальної конструкції теплоізоляційної оболонки	Приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції (м²·К)/Вт		Площа А, м²
	значення	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни, з них:			
- що межують із зовнішнім повітрям	3,62	4,00х0,75=3,00	3528,19
- що межують із некондиціонованим об'ємом			
- що межують із суміжними будівлями			
Покриття, з них:			
- суміщені	7,98	7,00х0,75=5,25	1352,6
- опалюваних горищ			
- технічних поверхів			
- мансард			
Перекриття, з них:			
- неопалюваних горищ	6,50	6,00х0,75=4,50	1133,51
- над проїздами та під еркерами			
- над неопалюваними підвалами	4,16	5,00х0,75=4,00	2486,1
Конструкції, що межують з ґрунтом:			
- підлоги по ґрунту			
- стіни цокольного поверху			
- перекриття над техпідпіллям			
Світлопрозорі огорожувальні конструкції, з них:			
- вікна	0,93	0,90х0,75=0,675	1965,82
- вікна і балконні двері			
- вітражі			
- світлопрозорі фасади			
- світлопрозорі зовнішні двері			
- в місцях загального користування*			
Зенітні ліхтарі			
Зовнішні двері	0,70	0,70	33,06
*Для багатоквартирних житлових будинків			

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	№ док	Підпис	Дата		44

Таблиця 10.3 – Характеристики інженерних систем

Система опалення	Теплопостачання будівлі навчального корпусу здійснюється від зовнішніх теплових мереж. Приєднання системи опалення до теплової мережі передбачено в індивідуальному тепловому пункті (ІТП) з незалежним підключенням. Теплоносієм для системи опалення служить вода з параметрами 90/70°C. Система радіаторного опалення прийнята двотрубна з горизонтальною розводкою від розподільних колекторів, встановлених на кожному поверсі та вертикальними стояками. В якості опалювальних приладів у приміщеннях, прийняті біметалеві секційні радіатори марки Kermi Profil-K тип 22. Розрахункова температура внутрішнього повітря прийнята на підставі ДБН В.2.2-3:2018 "Будинки і споруди. Заклади освіти". Підтримання заданої температури в опалювальних приміщеннях здійснюється за допомогою термостатичних клапанів фірми Danfoss, які встановлюються на кожному опалювальному приладі. Опалювальні прилади, встановлюються на кронштейни підлогового та стінового кріплення. Трубопроводи системи опалення, що прокладаються під стелею передбачено з поліпропіленових труб зі скловолоком Fiber, PN20, Tмакс=+90°C, фірми Valrom, Україна. Прокладка труб у підвалі та тех. поверсі передбачена відкрито. Стояки прокладаються у комунікаційних. Трубопроводи що прокладаються у підвалі теплоізолюються циліндрами (фольговані) з базальтової вати, завтовшки $\delta=50$ мм. Трубопроводи що прокладаються в підлозі виконуються в тепловій ізоляції, завтовшки $\delta=6$ мм, у комунікаційних виконуються в тепловій ізоляції, завтовшки $\delta=9-13$ мм. Для гідравлічного балансування системи опалення встановлюються автоматичні балансувальні клапани фірми Danfoss типу ASV-M на падаючому, та ASV-PV на зворотньому трубопроводі. Трубопроводи в місцях перетину стін і перегородок прокласти в гільзах з негорючих матеріалів. Закладення зазорів в місцях
Клас ефективності системи АМУБ згідно з ДСТУ EN 15232-1	
Тип та опис системи (джерело енергії, теплоносій, розведення трубопроводів)	
Регулювання температури у системі	
Регулювання витрати у системі	
Циркуляція теплоносія у системі	
Тип опалювальних приладів	
Регулювання температури приміщення	
Гідравлічне налагоджування (балансування) системи	
Теплова ізоляція трубопроводів в неопалюваних приміщеннях	
Облік споживання теплової енергії	

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		45

	прокладки трубопроводів передбачається негорючими матеріалами, які забезпечують нормативну межу вогнестійкості. В місцях прокладання труб та установки опалювальних приладів передбачається відновлення пошкоджених будівельних конструкцій та оздоблення. Видалення повітря з опалювальних приладів здійснюється за допомогою ручних повітрявипускних клапанів (Маєвського) встановлених на кожному опалювальному приладі, та за допомогою автоматичних повітрявипускних клапанів встановлених в верхніх точках системи опалення на кожному поверсі. Злив теплоносія здійснюється в нижніх точках системи опалення, через зливні крани в ІТП. Клас енергетичної ефективності системи опалення: - Управління та моніторинг виділення енергії – В; - Управління та моніторинг розподілення за температурою теплоносія у подавальному або зворотному трубопроводі – В; - Управління та моніторинг циркуляційних, змішувальних та циркуляційно-змішувальних насосів (на різних рівнях системи) – В; - Управління та моніторинг періодичності зниження виділення енергії системою та/або розподілення теплоносія - В; - Управління та моніторинг джерела енергії - В; - Упорядкування джерела енергії – В.
Система гарячого водопостачання	Гаряче водопостачання у будівлі - відсутнє.
Клас ефективності системи АМУБ згідно з ДСТУ EN 15232-1	
Тип та опис системи (джерело енергії, розведення трубопроводів, забезпечення циркуляцією)	
Циркуляція теплоносія у системі	
Регулювання витрати у систем	
Гідравлічне налагоджування (балансування) системи	
Облік споживання гарячої води	
Система охолодження	-

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		46

Клас ефективності системи АМУБ згідно з ДСТУ EN 15232-1	
Тип та опис системи (джерело енергії, теплоносій, розведення трубопроводів	
Регулювання температури у системі	
Регулювання витрати у системі	
Циркуляція теплоносія у системі	
Тип приладів тепловіддачі	
Регулювання температури приміщення	
Гідравлічне налагоджування (балансування) системи	
Теплова ізоляція трубопроводів	
Облік споживання енергії системами охолодження	
Система вентиляції та кондиціонування	Нормований повітрообмін приміщень забезпечується вентиляцією з механічним спонуканням. Для навчального закладу запроєктовані системи вентиляції з припливно-витяжними установками в яких використовуються пластинчаті рекуператори. Установки розташовані за підшивною стелею в приміщеннях коридорів та на технічному поверху. Припливно-витяжні установки обладнані повітряними клапанами, фільтрами класу G4, секціями водяного нагріву в холодну пору року, системою автоматики, водозмішувальним вузлом системи теплопостачання. На кожному поверсі знаходяться незалежні припливно-витяжні вентиляційні установки, що обслуговують окремі приміщення за призначенням. Кожна припливно-витяжна установка комплектується пультом керування. Пульт керування розташувати у приміщенні що обслуговує вентиляційна установка. Приплив та видалення повітря, передбачається з використанням дворядних регульованих решіток з верхніх зон приміщень. Регулювання кількості повітря і пусконаладження проектних витрат повітря, передбачено за допомогою регульовальних дросель-клапанів, які встановлюються на відгалуженнях.
Клас ефективності системи АМУБ згідно з ДСТУ EN 15232-1	
Тип та опис систем	
Утилізація теплоти повітря, що видаляється	
Попередній підігрів припливного повітря	
Попереднє охолодження припливного повітря	
Зволоження та осушення припливного повітря	
Регулювання температури повітря у системі	
Регулювання витрати повітря у системі	
Регулювання температури повітря у приміщеннях	
Регулювання витрати повітря у приміщеннях	
Облік споживання енергії системами (електрична, тепла)	

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		47

З приміщень вбиралень та санвузлів передбачається влаштування окремих систем витяжної вентиляції з механічним спонуканням за допомогою осьових канальних вентиляторів. Повітря видаляється з верхньої зони і викидається за допомогою повітропроводу та видаляється зовні.

Проектом передбачена механічна вентиляція учбових приміщень та приміщень перебування викладачів, а також санвузлів. Вентиляцію приміщень, що потребує окремого технічного завдання - таких як кінопроекторної, їдальні а також технічних приміщень таких, як щитових, теплових пунктів проектом не розглядається та передбачено залишити існуючу.

Для забезпечення покімнатної подачі повітря з принципом "за вимогою" передбачене встановлення покімнатних регуляторів витрати повітря із місцевим керуванням. Для забезпечення недопущення передавлювання приточною системою в режимі часткового використання приміщень передбачене керування обертами вентиляторів систем із від'ємним зворотнім зв'язком по тиску у подаючому повітропроводі.

Проектом передбачається підігрів повітря, що подається у холодну пору року. Джерелом теплопостачання вентиляції є тепловий пункт будівлі.

Оскільки навчання влітку не проводиться, охолодження повітря проектом не передбачається.

Повітропроводи системи вентиляції передбачається виконати із оцинкованої сталі.

Повітропроводи припливу повітря передбачається теплоізолювати окоейкою теплоізоляцією із фольгованого вспіненого поліетилену товщиною 5мм. Стиги повітропроводів скріпити саморізами по місцю та загерметизувати фольговою клейкою стрічкою.

Проходки систем через перекриття загерметизувати спеціальними засобами із дотриманням межі вогнестійкості перекриття. В місцях проходу через перекриття передбачити встановлення вогнезатримуючих клапанів із типорозмірами відповідно перерізу повітропроводів.

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							48
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

	Клас енергетичної ефективності систем вентиляції та кондиціювання повітря: - Управління та моніторинг повітряного потоку в приміщенні – В; - Управління та моніторинг витрати повітря при його підготовці - В; - Управління та моніторинг захисту теплообмінника від пере-охолодження - В; - Управління та моніторинг захисту теплообмінника від перегрівання - В; - Використання повітря з низькою температурою у системах охолодження з механічним спонуканням - В; - Управління та моніторинг температури припливного повітря - В; - Управління та моніторинг вологості – D.
Системи освітлення	В усіх приміщеннях передбачена система електроосвітлення напругою 220 В. Регулювання внутрішнього освітлення – ручне, зовнішнього освітлення – автоматичне. Для комерційного обліку запроєктовано встановлення лічильників активної та реактивної електричної енергії; Вмикання та вимикання системи зовнішнього освітлення та освітлення місць загального користування - автоматичне. Клас енергетичної ефективності системи освітлення за: - Управління та моніторинг за присутності людей у приміщенні - В; - Управління та моніторинг зовнішнього денного освітлення – В.
Клас ефективності системи АМУБ згідно з ДСТУ EN 15232-1	
Тип та опис системи (зони будівлі з різними параметрами, прилади освітлення, питома встановлена потужність освітлення)	
Регулювання систем (рівень освітленості, період використання)	
Аварійне освітлення	
Облік споживання електричної енергії	
Технічне управління будівлею	
Клас ефективності системи АМУБ згідно з ДСТУ EN 15232-1	

Таблиця 10.4 – Енергетичні характеристики

Показник	Одиниця виміру	Значення	Мінімальні вимоги
Річне сумарне споживання енергії, в т.ч.:	тис. кВт·год	1143,72	
	кВт·год/м²	29,66	
	[кВт·год/м³]		
Річне енергоспоживання систем опалення	тис. кВт·год	693,31	
	кВт·год/м²	17,98	
	[кВт·год/м³]		

						2024-KH_2_2_D-EE	Арк.
							49
Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата		

Річне енергоспоживання систем гарячого водопостачання	тис. кВт·год	104,99	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	2,72	
Річне енергоспоживання систем охолодження	тис. кВт·год	65,43	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	1,70	
Річне енергоспоживання систем вентиляції	тис. кВт·год	92,89	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	2,41	
Річне енергоспоживання систем освітлення	тис. кВт·год	187,10	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	4,85	
Річна сумарна енергопотреба в т.ч.:	тис. кВт·год	631,76	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	16,39	
- в опаленні	тис. кВт·год	381,78	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	9,90	
- в охолодженні	тис. кВт·год	146,04	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	3,79	
- в гарячому водопостачання	тис. кВт·год	103,94	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	2,70	
Річне споживання первинної енергії	тис. кВт·год	2027,33	
	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	52,58	
Річні викиди парникових газів	т	369,43	
	кг/м² [кг/м³]	9,58	
Загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні	кВт·год/м² [кВт·год/м³]	19,68	38,85
Клас енергетичної ефективності при опаленні та охолодженні		В	
Висновки за результатами оцінки енергетичних показників будівлі		Відповідає вимогам	
Рекомендації щодо підвищення енергетичної ефективності будівля		-	

Зм.	Кільк	Арк.	Нодок	Підпис	Дата

2024-KH_2_2_D-EE

Арк.

50



Державне підприємство
“Український науково-дослідний і проектно-
конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів
“НДІБМВ”

04080, м.Київ-80, вул. Костянтинівська, 68; тел. /факс: (044)425-56-32
e-mail: ndibmv@ukr.net; Веб-сторінка: www.ndibmv.kiev.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ
Т.в.о. директора ДП «НДІБМВ»
С.Д.Лаповська
« 17 » червня 2021 р.

ПРОТОКОЛ № 27 – 21/20
визначення терміну ефективної експлуатації
та теплофізичних характеристик в розрахункових умовах експлуатації
плит марки «FRONTROCK SUPER»
виробництва підприємства “ROCKWOOL POLSKA Sp.zo.o.”, Польща

ВИКОНАВЕЦЬ: ДП “Український науково-дослідний і проектно-конструкторський
інститут будівельних матеріалів та виробів “НДІБМВ”.

ЗАМОВНИК: ТОВ з іноземними інвестиціями «РОКВУЛ УКРАЇНА»,
03049, м. Київ, вул. Брюллова, Буд.№ 7, оф.022,
згідно з Договором № 26.20 від 03.03.2020 р. і
додатковою угодою до нього № 1 від 05.01.2021 р.

1. Дата одержання зразків: 19.02.2021 р. (Акт відбору від « 19 » лютого 2021 р.)
Плити мінераловатні теплоізоляційні марки «FRONTROCK SUPER» (комбіновані) у кількості 10 шт. виробництва підприємства «ROCKWOOL POLSKA Sp. z o. o.» (Польща) надані для випробувань ТОВ з іноземними інвестиціями «РОКВУЛ УКРАЇНА».
2. Дата проведення випробувань 22.02. 2021р. – 15 .06. 2021 р..
3. Характеристика виробів: на випробування надійшли плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому марки «FRONTROCK SUPER» прямокутної форми з рівними кромками розміром 1000 x 600 x 100 мм. На поверхні плит відсутні дефекти у вигляді тріщин, розривів, розшарувань чи інші пошкодження. Вироби мають комбіновану структуру: плита складається з верхнього (жорсткішого) шару і нижнього (внутрішнього шару меншої щільності).
4. Випробування проводили згідно з ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99) «Будівельні матеріали. Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі» (п.7.1), ДСТУ Б В.2.7-182:2009 «Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах»; ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» (п.4.12),
5. Призначення матеріалу, що підлягає випробуванням: утеплювач для штукатурних фасадів.
6. Назва та основні характеристики випробувального обладнання (ВО) та засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Випробувальне обладнання (ВО) та засоби вимірювальної техніки (ЗВТ)

Все наведене у табл.1 обладнання і засоби вимірювальної техніки повірено та відкалібровано

Назва ВО та ЗВТ, тип, марка	Зав. № або інв. №	Основні характеристики, точність
А. Випробувальне обладнання		
Шафа сушильна	Зав. № 219	Автоматичне регулювання температури в межах від +15 до + 200 °С Похибка ± 2 °С
Вимірювач теплопровідності ИТТМ	Зав. № 300	Діапазон вимірювання 20-103 Вт/м ² Похибка ± 5 %
Прилад комбінований цифровий ЦЦ 301-3	Зав. № 0510	Діапазон вимірювань: 1 мкВ – 1 кВ Похибка $\pm 0,1 + 0,05 (U_k/U_x - 1) \delta_{од}$, %
Камера теплова	№ 1/114	Габаритні розміри: 1280 мм x 1900 мм x 910 мм Діапазон вимірювань (0...+60)°С
Кліматична камера ШМ – 0,36	Зав. № 48	Діапазон температури в робочому об'ємі від - 20 до 20°С Допустима абсолютна похибка температури в робочому об'ємі $\pm 1,7$ °С
Електропід лабораторна СНОЛ	Зав. № 06410	Діапазон температури в робочому об'ємі від 50°С до 100°С Похибка ± 10 %
Товщиномір голчастий Т -005 За ТУ 2131-36-80	Зав. № 87	Діаметр диску 200,2 мм, Загальна маса деталей, які створюють питоме навантаження 1,564 кг
Б. Засоби вимірювальної техніки		
Лінійка вимірювальна металева тип: Лінійка-1000	№ 2/115	Діапазон вимірювань 0-1000 мм Ціна поділки: 1,0 мм; Допустима похибка: $\Delta = \pm 0,20$ мм
Прилад зважувальний неавтоматичний - Ваги лабораторні електронні ТВЕ-0,21-0,001	№3467	Діапазон зважування маси: Max=210 г, Min=0,02 г Ціна поділки :d=0,001г,
Термометр ртутний лабораторний	№121	Діапазон вимірювань (0...+150)° С Похибка ± 1 °С
Вимірювач температури XR02CX	№ LICCB XB500	Вимірювач температури в діапазоні від - 40 до 110 °С Границя допустимої абсолютної похибки ± 1 °С
Електронна кімнатна метеостанція TFA DOSTMANNFA	№ 35.010.472	Діапазон вимірювань в межах : температури 0 °С50 °С, відносної вологості 20 % rH...99 % rH

Умови проведення випробувань: температура - 19...20 °С, атмосферний тиск 740...746 мм рт. ст., відносна вологість повітря - 46...50%

7. Визначення розрахункових значень теплопровідності плит в умовах експлуатації в стані А і Б

Розрахункові значення теплопровідності матеріалів визначаються за формулами:

$$\lambda_A = \lambda_{10}(W_A) \cdot K_K \cdot K_M + \sigma \quad (1)$$

$$\lambda_B = \lambda_{10}(W_B) \cdot K_K \cdot K_M + \sigma \quad (2)$$

де: λ_A – теплопровідність матеріалу в розрахункових умовах А, Вт/(м • К);

$\lambda_{10}(W_A)$ – експериментальне значення теплопровідності матеріалу при температурі $(10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$, та при вологості W_A , Вт/(м • К);

λ_B – теплопровідність матеріалу в розрахункових умовах Б, Вт/(м • К);

$\lambda_{10}(W_B)$ – експериментальне значення теплопровідності матеріалу при температурі $(10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$, та при вологості W_B , Вт/(м • К);

K_K – коефіцієнт урахування впливу кліматичної деструкції матеріалів в процесі експлуатації;

K_M – коефіцієнт урахування впливу якості будівельно-монтажних робіт на зміну теплопровідності матеріалу дорівнює 1.

σ – середньоквадратичне відхилення експериментальних значень.

Визначення теплопровідності в розрахункових умовах експлуатації здійснювалась на зразках розмірами $(250 \times 250 \times 30)$ мм.

Визначення теплопровідності здійснювалося у сухому стані за температури $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ та $(10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$.

Результати випробувань теплопровідності наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Теплопровідність плит у сухому стані

Назва показника	Фактичні значення теплопровідності плит «FRONTROCK SUPER»	Похибка вимірювань
Густина, кг/м ³	87,4	$\pm 0,5 \%$
Теплопровідність, Вт/(м • К), за температури $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$	0,037	$\pm 5 \%$
Теплопровідність, Вт/(м • К), за температури $(10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$	0,360	

8. Визначення теплопровідності в розрахункових умовах експлуатації.

Визначення теплопровідності здійснювалося у зволоженому стані при температурі $(10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$. За результатами випробувань визначається $\lambda_{10}(W_A)$, $\lambda_{10}(W_B)$ та відповідні похибки вимірювань.

Для марки «FRONTROCK SUPER» в результаті визначення сорбційної вологості отримані такі показники :

$W_A = 0,5 \%$, визначено - $\lambda_{10}(W_A) = 0,0362$ Вт/(м • К), $\sigma = 0,0001$ Вт/(м • К);

$W_B = 1,0 \%$, визначено - $\lambda_{10}(W_B) = 0,0370$ Вт/(м • К), $\sigma = 0,0001$ Вт/(м • К)

З урахуванням впливу кліматичної деструкції матеріалу та якості будівельно-монтажних робіт (K_M на зміну теплопровідності матеріалу, визначається теплопровідність в умовах експлуатації А і Б).

$\lambda_{10}(W_A) \cdot K_K \cdot K_M + \sigma = 0,0362 \cdot 1 \cdot 1 + 0,0001 = 0,0363$ Вт/(м • К);

$\lambda_{10}(W_B) \cdot K_K \cdot K_M + \sigma = 0,0370 \cdot 1 \cdot 1 + 0,0001 = 0,0371$ Вт/(м • К)

Результати визначення теплопровідності в розрахункових умовах експлуатації наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Теплопровідність в розрахункових умовах експлуатації

Марка	Теплопровідність в умовах експлуатації Вт/(м • К)	
	А	Б
«FRONTROCK SUPER»	0,0363	0,0371

9. Визначення терміну ефективної експлуатації плит мінераловатних

Розрахункові умови проведення випробувань:

- середня температура зразків (T_c), °C (10±0,3)
- температурний перепад при проведенні випробувань (Δt), °C 10
- вологість зразків (W_A , W_B), % 0,5; 1,0

Згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-182:2009 для визначення терміну ефективної експлуатації зразки, що зволожені до вологості $[(W_B + \Delta W_B) \pm 2]$ % та запаяні в поліетиленові пакети, піддавались циклічним випробуванням за схемою:

- заморожування – відтавання – нагрівання.

$T_3 = -22^\circ\text{C}$; $t_3 = 3$ год.; $T_B = (18-22)^\circ\text{C}$; $t_B = 4$ год.; $T_H = (60 \pm 1)^\circ\text{C}$; $t_H = 6$ год.;

де T_3 , T_B , T_H - температури заморожування, відтавання та нагрівання відповідно;

t_3 , t_B , t_H - тривалість заморожування, відтавання та нагрівання відповідно.

Один цикл випробувань складається із заморожування – відтавання – нагрівання. Загальна кількість циклів випробувань – 100.

Під час циклічних температурних впливів відтавання та нагрівання відносна вологість повітря в робочому об'ємі кліматичної камери підтримувалась постійною на рівні ϕ

$\phi = (95 \pm 5)\%$. Після завершення кожних 10 циклів проводився відбір зразків з подальшим визначенням їх теплопровідності в стандартних умовах та фіксувався характер змін зовнішнього вигляду зразків

Результати визначення густини та теплопровідності плит наведено в таблиці 4. Таблиця 4. Густина та теплопровідність плит.

Цикли	Густина γ , кг/м ³	Середня теплопровідність λ , Вт/(м•К)	Середня теплопровідність після проведення випробувань
0	87,5	0,0362	0,0362
10	87,7	0,03661	
20	87,6	0,0362	
30	87,5	0,0363	
40	87,8	0,0362	
50	87,5	0,0363	
60	87,6	0,0363	
70	87,5	0,0362	
80	87,6	0,0361	
90	87,5	0,0362	
100	87,8	0,0361	
Сер.	87,6	Сер. 0,0362	

Результат визначення теплопровідності плит мінераловатних теплоізоляційних марки «FRONTROCK SUPER» середньої густини 87,6 кг/м³ становить $\lambda = 0,0362$ Вт/(м • К) при температурі (10±0,3)°C. Зовнішній вигляд зразків після випробувань не змінився.

За результатами випробувань побудовано графік залежності теплопровідності від кількості циклів

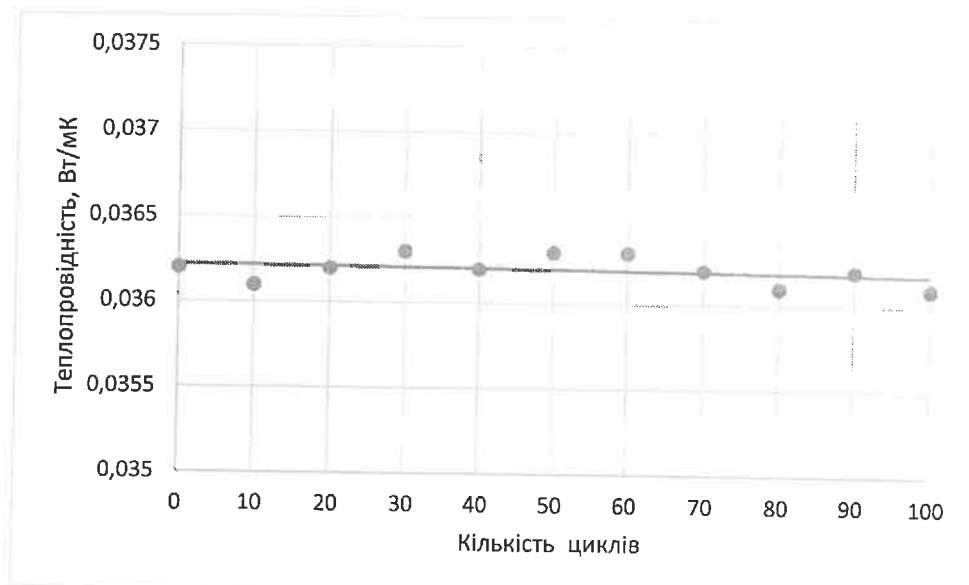


Рис.1 - Графік залежності теплопровідності матеріалу від кількості циклів.

Оброблення експериментальних даних при визначенні терміну ефективної експлуатації ізолюючих матеріалів проводять методами регресійного аналізу та математичної статистики.

Термін ефективної експлуатації приймається, як такий, що дорівнює 50 рокам при виконанні наступних умов:

$$\frac{r}{\lambda_0} \cdot K_z \leq 0,2$$

де: K_z – масштабний коефіцієнт, що, враховує відповідність експериментальних циклів тепловологісним умовам експлуатації матеріалу в конструкції;

$K_z = 5$ для конструкцій фасадної теплоізоляції згідно з вимогами та конструкцій з захисним опоряджувальним шаром, що розташовані між теплоізоляційним шаром із виробів з волокна та зовнішнім повітрям з $D < 1$;

λ_0 – теплопровідність в стандартних умовах у початковому стані, Вт/(м·К), при $T_c = (10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$;

Для кожного з експлуатаційних теплофізичних параметрів встановлюється чисельне значення показника ресурсу “r” для рівня забезпеченості 0,95%, що обчислюється за формулою:

$$r = bx^* + \varepsilon,$$

де: x^* – найбільша кількість циклів, що відповідає лінійній ділянці графіку зміни теплопровідності;

b – тангенс кута нахилу графіку залежності $\lambda(z)$;

ε – довірча межа випадкової похибки результатів вимірювань для рівня забезпеченості 95% (0,95).

Визначення ε - довірчої межі випадкової похибки результатів вимірювань для рівня забезпеченості 95% (0,95).

$$\varepsilon = S(y) \cdot t,$$

де: t – коефіцієнт для випадкової величини y , яка має розподілення Стюдента з $n-1$ ступенями свободи: для $p = 0,95$ (95%-вий рівень забезпеченості) та $n = 11$ (число вимірювань) $t = 2,201$;

$S(y)$ – середньоквадратичне відхилення результату вимірювання, що обчислюється за формулою:

$$S(\bar{y}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n \times (n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{11} (y_i - 0,0362)^2}{11 \times (11-1)}}$$

де: $S(y)$ – оцінка середньоквадратичного відхилення результату вимірювання;
 y_i – i -тий результат спостереження;
 $\bar{y}$ – середньоарифметичне значення параметра за результатами випробувань;
 n – число результатів спостережень

$$S(y) = 0,0006/10,49 = 0,000057$$

Довірча межа випадкової похибки результатів визначення теплопровідності становить

$$\varepsilon = 0,000057 \cdot 2,201 = 0,000125$$

Визначення показника ресурсу r

$$r = bx^* + \varepsilon,$$

де: $b = 0$, оскільки на графіку залежності теплопровідності від числа циклів випробувань крива (пряма) паралельна осі X .

$$r = \varepsilon = 0,000125$$

Розрахунки умов для визначення терміну ефективної експлуатації

$$\frac{r}{\lambda_0} \cdot K_z = \frac{0,000125}{0,0362} \cdot 5 = 0,017 \quad \text{що складає менше } 0,2$$

ВИСНОВОК:

Згідно з отриманими результатами випробувань плити мінераловатні теплоізоляційні комбіновані марки «FRONTROCK SUPER» мають термін ефективної експлуатації не менше 50 років.

Дата складання протоколу: 16.06.2021 р.

В.о. зав. лабораторією полімерних покрівельних і теплоізоляційних матеріалів ДП "НДІБМВ"

 Л.В.Алексеева

Провідний інженер лабораторії полімерних, покрівельних і теплоізоляційних матеріалів

 О.П.Коптенко

Примітки:

1. Протокол випробувань стосується тільки зразків, що випробовуються.
2. Повне або часткове передрукування протоколу без дозволу ДП "НДІБМВ" не допускається.