

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

# Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

на тему «**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ ТА ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ  
БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ У М. ПОЛТАВА**»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2МБП

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Река Андрій Володимирович

Керівник: к.т.н., доцент Галінська Т.А.

Рецензент:

Полтава – 2023 року

## ЗМІСТ

<b>1. ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ</b> .....	6
<b>ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1</b> .....	33
<b>РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24</b> .....	34
2.1 НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	34
2.2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ .	34
2.3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ .....	35
2.4 ТЕПЛОЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ .....	37
2.4.1. Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус). .....	37
2.4.2. Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус). .....	40
2.4.3. Зовнішня стіна (спортивний зал). .....	43
2.4.4. Зовнішня стіна (3-я черга будівництва). .....	46
2.4.5. Горищне перекриття (2-о поверховий корпус). .....	48
2.4.6. Горищне перекриття (3-и поверховий корпус). .....	50
2.4.7. Горищне перекриття (спортивний зал). .....	51
2.4.8. Горищне перекриття (3-а черга будівництва). .....	52
2.4.9. Суміщене покриття (вестибюльна група між 2-во та 3-и поверховими корпусами).....	53
<b>ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2</b> .....	54

					2мБП. 10589142.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Река А.В.			УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ ТА ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ У М. ПОЛТАВА	Стадія	Арк.	Аркцшів
Перевір.		Галінська Т.А.					2	111
Консульт.		Галінська Т.А.				НУПП імені Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н. Контр.		Галінська Т.А.						
Затверд.		Семко О.В.						

**РОЗДІЛ 3. СТАН ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ..... 55**

3.1. Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус). ..... 55

3.2. Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус). ..... 58

3.3. Зовнішня стіна (спортивний зал). ..... 60

3.4. Зовнішня стіна (3-я черга будівництва). ..... 62

3.5. Горищне перекриття (2-о поверховий корпус). ..... 64

3.6. Горищне перекриття (3-и поверховий корпус). ..... 66

3.7. Горищне перекриття (спортивний зал). ..... 67

3.8. Горищне перекриття (3-а черга будівництва). ..... 68

3.9. Суміщене покриття (вестибюльна група між 2-во та 3-и поверховими корпусами). ..... 70

**ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3 ..... 72**

**РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ  
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА ..... 74**

4.1. Вузол 1 (спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду) ..... 75

4.2. Вузол 2 (спирання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду) ..... 85

4.3. Вузол 3 (примикання вікна до перемичок) ..... 88

**ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4 ..... 100**

**ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ..... 101**

**ЛІТЕРАТУРА ..... 102**

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		3

# 1. ВСТУП

## **Актуальність теми.**

Термомодернізація огорожувальних конструкцій будинків дозволяє значно знизити витрати енергії на опалення. Теплові вузли огорожувальних конструкцій є місцями найбільших втрат енергії.

Більшість житлових і громадських будинків в країні побудовано у 20-му сторіччі, вони мають опір теплопередачі менше нормованого, тому питання термомодернізації їх огорожувальних конструкцій та вдосконалення конструкції теплових вузлів є актуальним.

## **Зв'язок роботи з науковими програмами**

Тема магістерської роботи відповідає напрямом політики країни з енергозбереження, яка викладена у: Законом України «Про енергозбереження»; Енергетичною стратегією України на період до 2030 року; указом «Про заходи із забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів».

**Метою роботи** є термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій школи №24 та удосконалення їх теплових вузлів.

## **Задачі дослідження:**

- виконати аналіз теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій школи №24 у м. Полтава;
- надати проектні пропозиції з термомодернізації огорожувальних конструкцій школи;
- вдосконалити теплові вузли зовнішніх огорожувальних конструкцій школи;

**Об'єкт дослідження:** зовнішні огорожувальні конструкції школи №24 у м. Полтава.

**Методи дослідження:** теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій, розрахунки температурних полів теплових вузлів огорожувальних конструкцій.

## **Наукова новизна.**

- надані проектні пропозиції з термомодернізації огорожувальних конструкцій школи №24;

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

– вдосконалені теплові вузли зовнішніх огорожувальних конструкцій школи

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота має 14 плакатів, пояснювальної записки з 110 сторінках, у тому числі 82 рисунка та 7 таблиць, списку з 76 джерел. Текст роботи складається з вступу, 4-х розділів та висновків.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель є актуальною проблемою для країни, тому цьому питанню присвячено багато робіт багатьох дослідників.

### Фаренюк Г.Г.

Займався питаннями забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій [1]. Проаналізував енергетичні витрати у житлово-комунальному комплексі. Розкрив проблеми проектування теплоізоляційної оболонки будинків за показниками енергоефективності. Показав особливості нормування енергозбереження ЄС, енергетичній паспортизації будинків, оцінці повітря- та вологопроникності огорожувальних конструкцій, аналізу теплових властивостей зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією.

В [2] їм були розглянуті питання методичних принципів оптимізації витрат на термомодернізацію будівель при їх реконструкції.

Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій розглянуто в [3].

Економічні аспекти підвищення рівня теплоізоляції стінових огорожувальних конструкцій при реконструкції будівель розглянуті в [4]. Приведена методика оцінки окупності будівель та результати оцінки економічності конструктивних рішень, підвищення опору теплопередачі при реконструкції будівель.

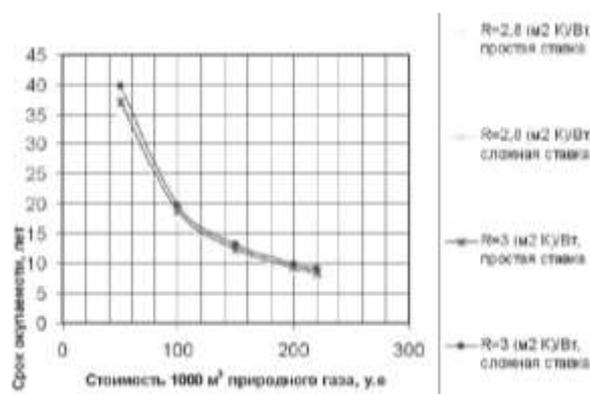


Рисунок 1 – Залежність терміну окупності теплової ізоляції з газобетону від вартості природного газу

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

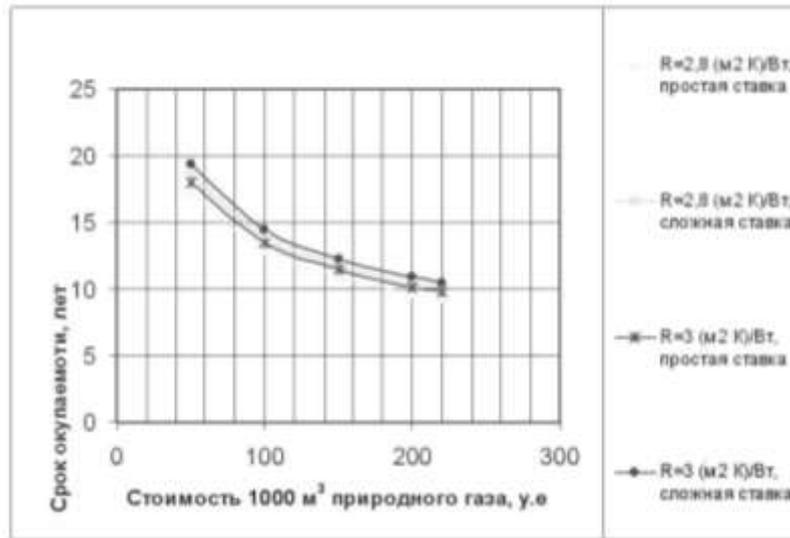


Рисунок 2 – Залежність терміну окупності теплової ізоляції з газобетону від вартості природного газу з урахуванням змін вартості утеплювача

В [5] була виконано упорядкування варіантів утеплення за конструктивними ознаками та аналіз теплотехнічних властивостей.

Нормативна база термомодернізації представлена у роботах [6-9].

Теплотехнічні характеристики фасадних комбінованих систем, характеристики теплоізоляції огорожувальних конструкцій, методи визначення розрахункових величин теплофізичних показників будівельних матеріалів розглянуті у [10-12].

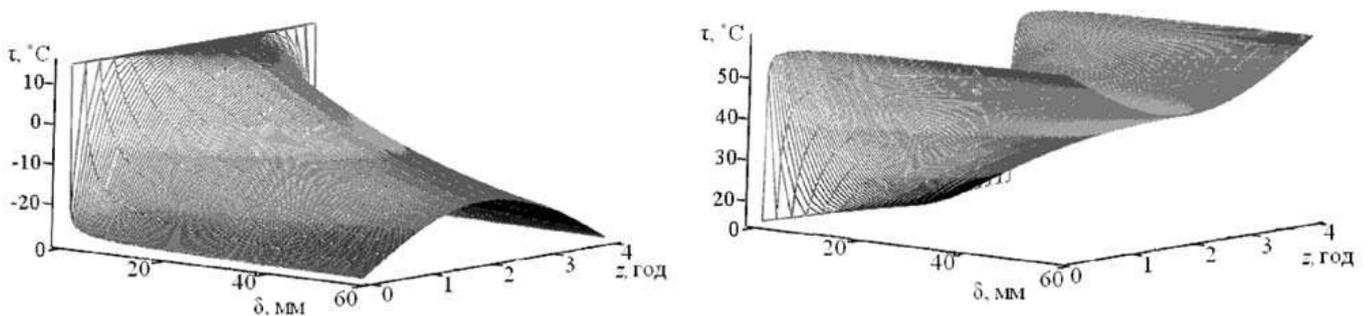


Рисунок 3 - Порівняння температурних полів зразків



Рисунок 4 - Вигляд зразка фасадної теплоізоляції

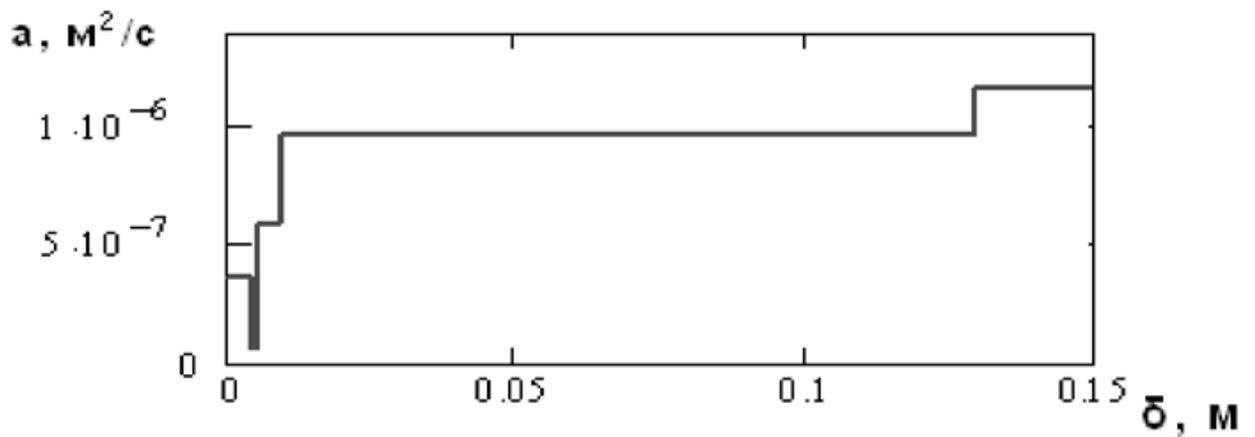


Рисунок 5 - Приведений коефіцієнт температуропровідності дослідної конструкції

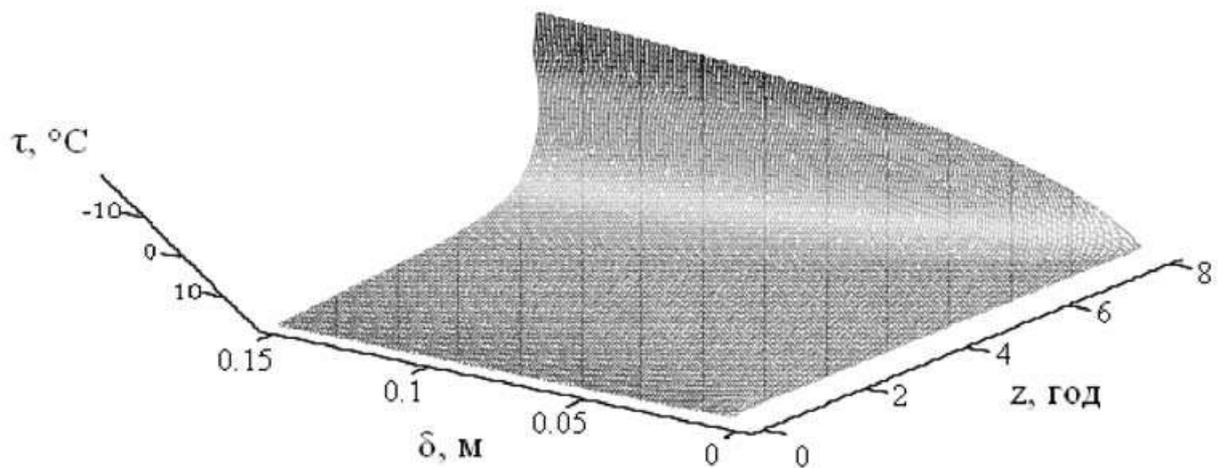


Рисунок 6 - Формування температурного поля при заморожуванні дослідного зразка



Рисунок 7 - Випробування конструкцій у кліматичній камері



Рисунок 8 - Монтаж системи утеплення дослідного зразка

Методичні принципи визначення оптимального рівня теплоізоляції огороджувальних конструкцій будинків [13].

Теплові відмови теплоізоляції та способи їх визначення.

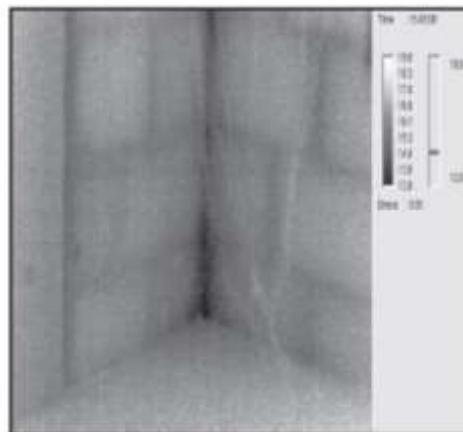


Рисунок 9 – Тепловізійні термограми внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій з дефектами теплоізоляції

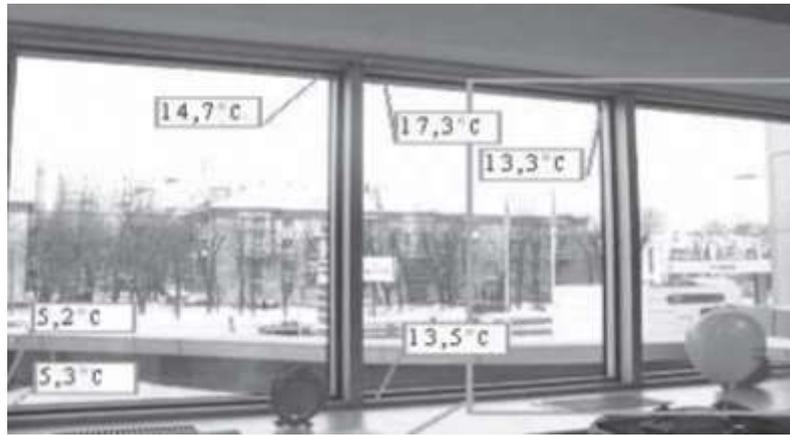


Рисунок 10 – Пірометричні термограми огорожувальних конструкцій з дефектами теплоізоляції



Рисунок 11 – Стани теплових відмов в кутових зонах житлових квартир



Рисунок 12 – Стани теплових відмов на поверхні стін та стелі

Теплова надійність огорожень та їх енергоефективність [15]. Розроблено теоретичні засади системного аналізу огорожувальних конструкцій за

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

характеристиками теплової надійності й енергоефективності будинків, розроблено аналітично-експериментальний комплекс оцінювання показників енергоефективності та теплової надійності ізоляційної оболонки будинків, що є визначальною складовою технічного розвитку будівництва України. Досліджено закономірності виникнення теплових відмов ізоляційної оболонки будинків різних поколінь забудови, визначено закономірності формування тепловологісного стану сучасних огорожувальних конструкцій, проаналізовано його вплив на теплову надійність та енергоефективність будинків, зміну теплофізичних властивостей сучасних теплоізоляційних матеріалів та огорожувальних конструкцій на їх основі. Обґрунтовано основні положення теорії виникнення критичних станів у сучасних конструкціях фасадної теплоізоляції, що впливають на кліматичну деструкцію теплоізоляційних матеріалів. Розроблено комплекс експериментальних методів визначення теплофізичних характеристик теплоізоляційних матеріалів і теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій, що дозволяє на стадії проектування визначати параметри теплоізоляційної оболонки будинків з урахуванням впливу експлуатаційних факторів і зміни у часі теплофізичних властивостей виробів у результаті природної кліматичної деструкції матеріалу. Створено системний комплекс нормативних документів, які регламентують обов'язкові вимоги щодо енергетичної безпеки будівель.

Метод посередньої оцінки показників теплової надійності огорожувальних конструкцій [16]. Наведено метод визначення довговічності огорожувальних конструкцій за характеристиками їх теплоізоляційних властивостей. Метод є складовою частиною загальної методології оцінки теплової надійності огорожувальних конструкцій на основі сучасних теплоізоляційних матеріалів.

Імітаційний метод статичного моделювання теплової роботи конструкцій фасадної теплоізоляції [17].

Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків в [18].

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

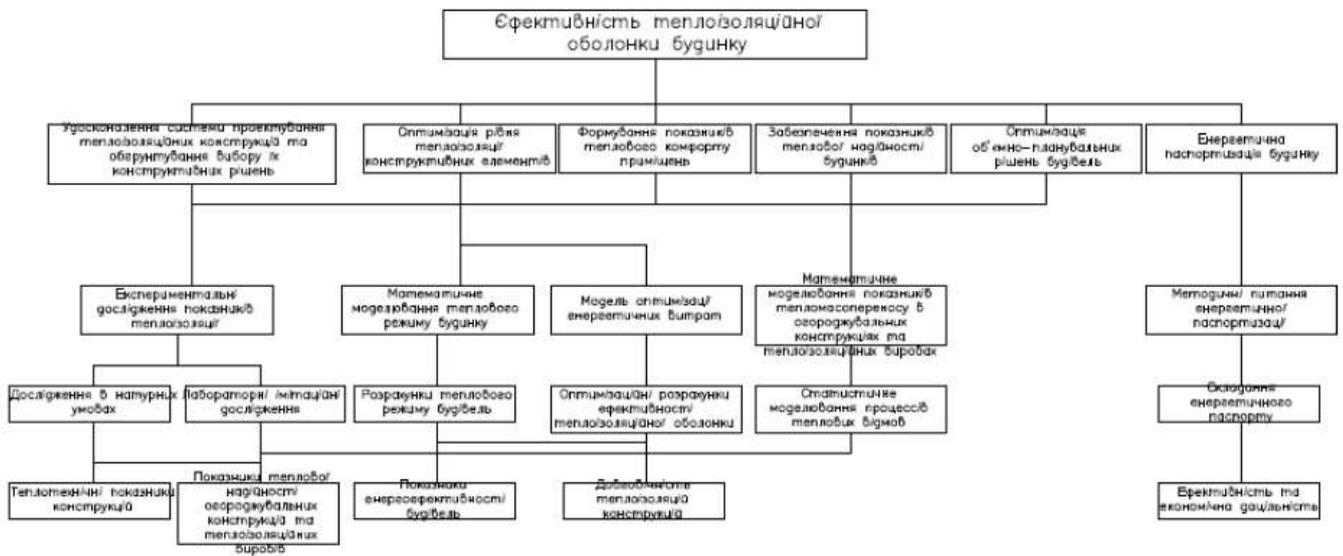


Рисунок 13 – Методичні положення рішення задачі забезпечення енергоефективності будинку

Облік неоднорідності конструкцій вентиляованих фасадів при визначенні приведенного опору розглянутий в [19]. В статті зіставлені методи теплового розрахунку термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій та приведені нові більш точні методи з використанням програмного забезпечення на основі математичного моделювання методом кінцевої різності. Для конструкцій систем фасадного утеплення приведені результати розрахунків коефіцієнтів теплотехнічної однорідності для різних варіантів виконання конструктивного шару та утеплювача при наявності кріпильних елементів, таких як анкери, ригелі, дюбелі. По результатах розрахунків побудовані залежності коефіцієнта теплотехнічної однорідності від кількості дюбелів, товщини утеплювача, теплопровідності матеріалу утеплювача.

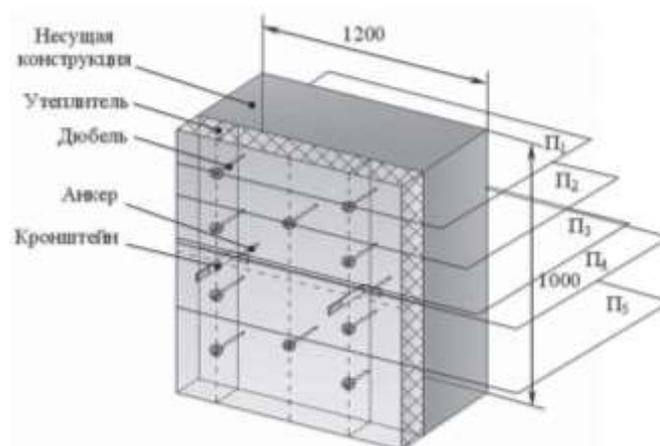


Рисунок 14 – Вид досліджувальної моделі

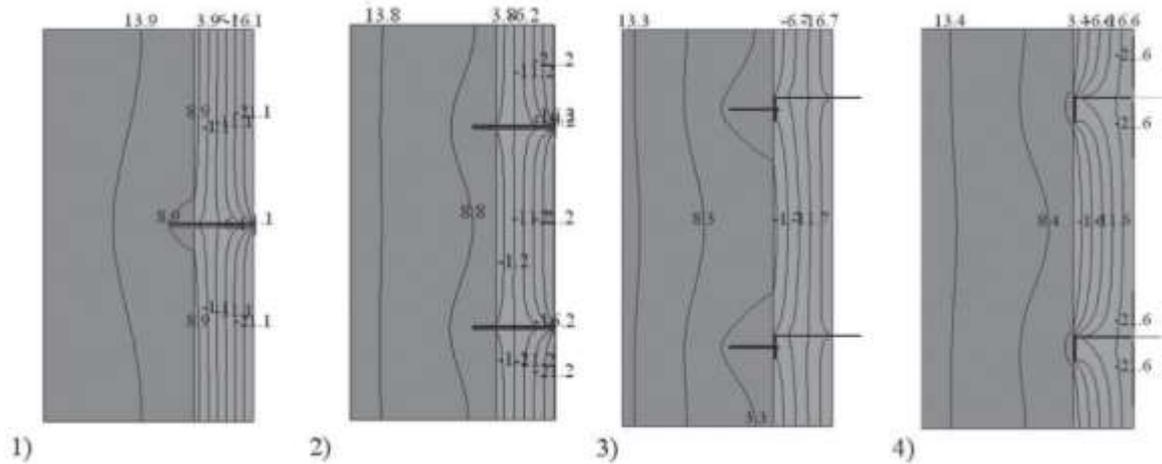


Рисунок 15 – Температурні поля стіни в перетині: 1) з одним дюбелем; 2) з двома дюбелями; 3) з анкером та кронштейном; 4) з кронштейном

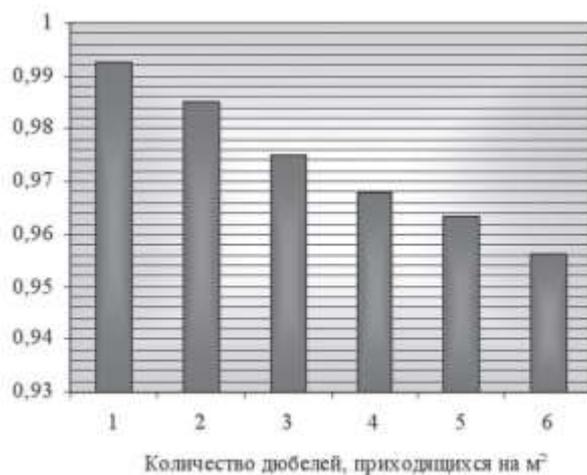
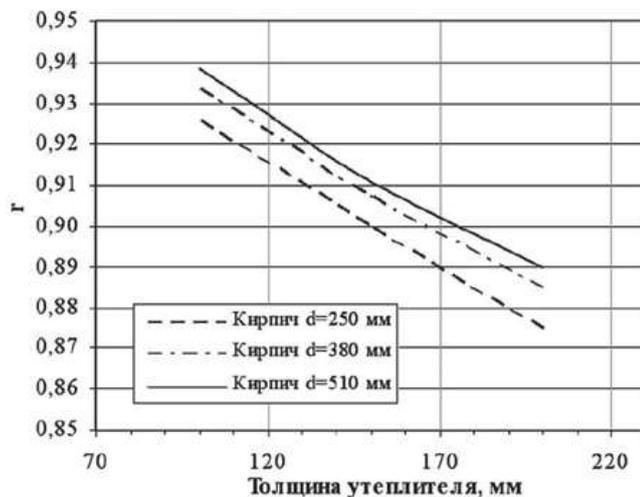


Рисунок 16 – Залежність коефіцієнта теплотехнічної однорідності від кількості дюбелів



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Рисунок 17 – Залежність коефіцієнта теплотехнічної однорідності від товщини утеплення

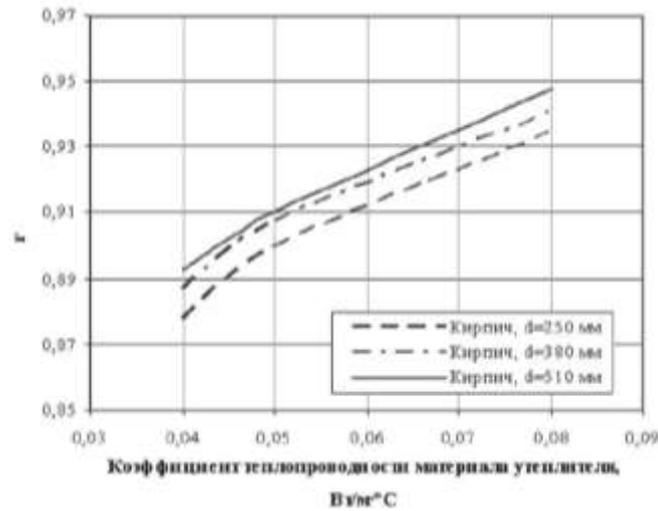


Рисунок 18 – Залежність коефіцієнта теплотехнічної однорідності від теплопровідності матеріалу

Нові державні норми "Теплова ізоляція будівель" за показниками енергоефективності розглянуті в [20]. Норми засновані на нових методологічних принципах теплотехнічного проектування по нормуємому комплексному показнику енергоспоживання, що контролюється як при проектуванні так і при експлуатації будівель.



Рисунок 19 – Порівняння норм по кінцевій потребі в питомій енергії на опалення



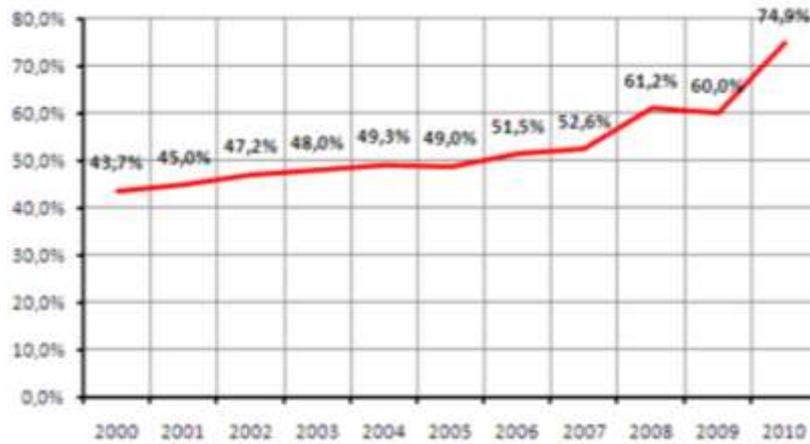


Рисунок 21 – Динаміка зростання ступеня зносу житлового фонду України

Структура нормативної бази наведені у [26]. У статті представлено аналіз чинної законодавчої та нормативної бази України в галузі енергоефективності будівель. Існуючий системний комплекс норм та стандартів створено на основі розробленої методології побудови та розвитку нормативної бази з питань енергоефективності будівель. Нормативна база в галузі енергоефективності будівель розвивається за двома напрямками. Перший - гармонізація з європейськими нормативними документами та імплементація положень Директиви 2010/31/ЄС у нормативне поле України; другий - розвиток національної гілки норм та стандартів, які ґрунтуються на традиційних підходах до проектування будівель. У національній гілці забезпечено збереження напрацювань щодо оцінювання енергетичних характеристик будівель та теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будівель, які були розвинуті науковою та проектною практикою. У статті розглянуто методичні положення нормативних актів та документів, які регламентують правила проектування теплоізоляційної оболонки та інженерного обладнання будинків при новому будівництві та реконструкції.



Рисунок 22 – Чинні державні будівельні норми та національні стандарти з енергоефективності інженерних систем будівель

**Савицький М. В.** займався питаннями підвищення енергоефективності житлових будівель старої забудови [27]. В статті він зазначив, що старі будівлі у житловому фонді м. Дніпро становить близько 90 %. Річні витрати теплової енергії житловими будинками в країні становить 225-420 кВт·год/м<sup>2</sup>. За діючими нормами в енергоефективних будинках споживання становить близько 80 кВт·год/м<sup>2</sup> та менше. Сучасні розробки, дозволяють знизити споживання енергії будівлями до 50 %. Затрати на енергозбереження окупаються за 1 - 3 роки.



Рисунок 23 – а) надбудова з використанням оцинкованих сталевих термопрофілів та дерев'яних конструкцій; б) будівля, що реконструюється

Екологічне та енергоефективне малоповерхове будівництво розглянуто у [28]. В ній зазначено, що розвиток будівництва при зростанні цін на енергоресурси, на перший план висуває питання підвищення енергоефективності житлових будинків, що зменшує вартість експлуатації житла. За новими теплотехнічними нормами в житловому будівництві завданнями є зниження при експлуатації житла використання енергоресурсів, що приблизить їх європейського рівня. Ці питання необхідно вирішувати для нового будівництва, і для існуючого фонду житла. Вирішення цих задач потребує перехід на нові системи огорожувальних конструкцій що відповідають сучасним теплотехнічним нормам.



Рисунок 24 – Використання соломи при зведенні екологічних будинків



Рисунок 25 – Використання очерету при зведенні будівель.

Вплив вибору об'ємно-планувальних та конструктивних рішень малоповерхових будівель на їх теплові витрати проаналізований в [29].

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

В статті [30] розглянуте питання енергоефективності малоповерхових будівель. Вплив на неї об'ємно-планувальних, та конструктивних рішень. В ній зазначено, що в будинках, що реалізують концепцію низького споживання, регулюючі правила EV передбачають нині вже 70 кВт·год (7 м<sup>3</sup> природного газу) на опалення 1 м<sup>2</sup> жилого приміщення за рік. “Пасивний будинок” споживає 15 кВт·год/м<sup>2</sup>, що досягається за допомоги теплоізоляції, яка забезпечує “ефект термосу”, замкненої системи опалення та рекуперативної вентиляції.

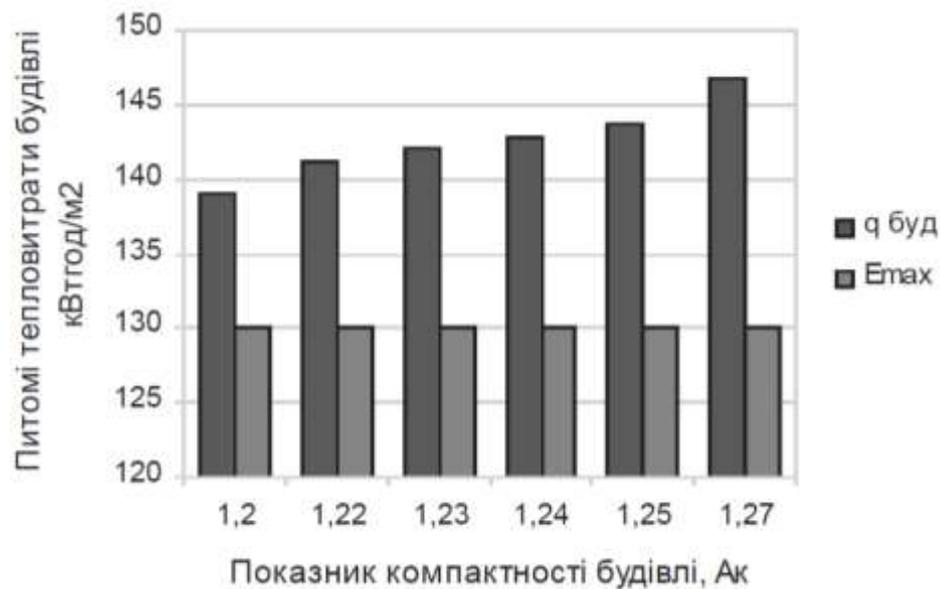


Рисунок 26 – Залежність теплових витрат 1-поверхового будинку від показника компактності

У статті [31] виконано аналіз технологій зведення малоповерхових екологічних будинків виконаних з соломи.

### Нікіфорова Т. Д.

Розробила удосконалену методики розрахунку і раціонального проектування термореновації великопанельних житлових будівель [32]. Представлена методика розрахунку споживання будинками енергії та її втрат крізь ділянки з теплопровідними включеннями. Проаналізовані закономірності цих витрат. Показана ефективність заходів з термомодернізації стін панельних будинків для різних кліматичних умов. Наведено методику проектування, отримані технічні параметри систем модернізації які дозволяють вибирати більш ефективні способи термомодернізації панельних будинків.

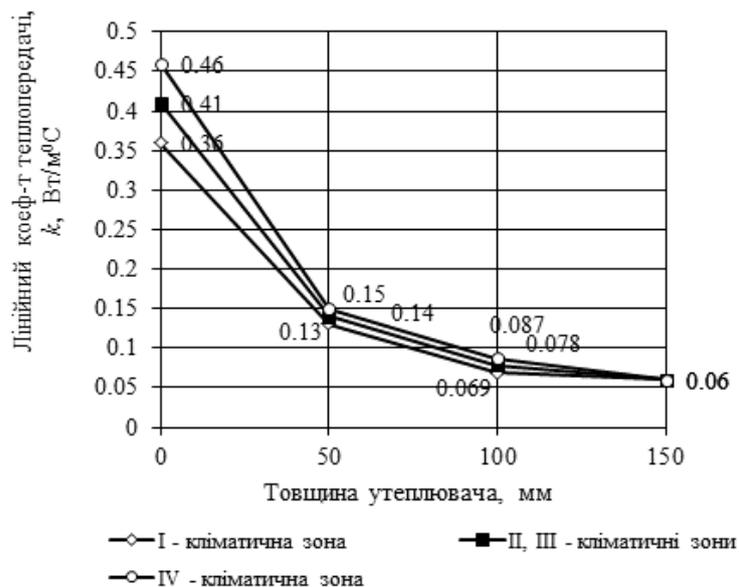


Рис. 27 – Залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі з'єднання стінової панелі з плитою перекриття

### Дешко В.І.

В роботі [33] займався питаннями енергетичної сертифікація будівель. Оцінку ефективності використання енергії є паспортизація об'єктів — споживачів ресурсів, або енергетична сертифікація, як прийнято в світовій практиці, та в стандартах ЄС. Аналізі використання енергоресурсів необхідно дослідити також у бюджетній сфері, через зношеність їх фонду та через обмеженість фінансування на енергозбереження будівель. Стаття присвячена сертифікації будівель, в Україні та країнах ЄС .



Рисунок 28 – Алгоритм розрахунку класу ефективності будівлі за методологією Дисплей

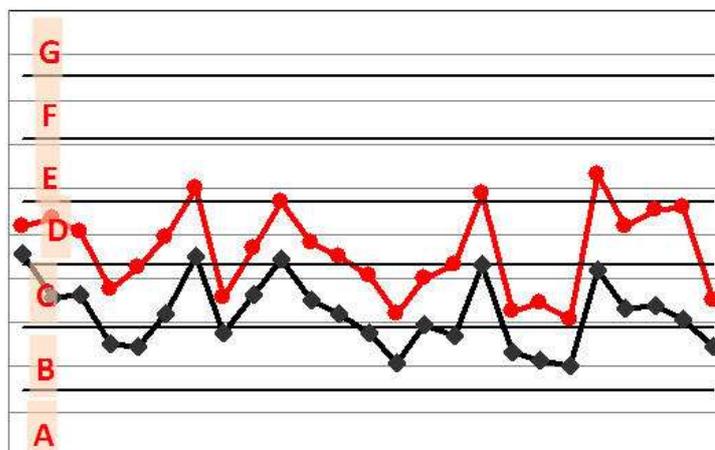


Рисунок 29 – Класи енергетичної ефективності будівель розраховані за методологією Дисплей

Структурний аналіз енергоспоживання й енергозбереження в галузі освіти був виконаний у [34]. В роботі були виконані дослідження процесів енергоспоживання та енергозбереження в бюджетних установах на прикладі закладів Міністерства освіти за напрямками: використання енергії; питомих споживання енергії; визначення найбільш доцільних показників для проведення класифікації об'єктів за рівнем ефективності використання енергоресурсів.



Рисунок 30 – Частка спожитих енергоресурсів 30 та витрат коштів на їх оплату у 2009 р.

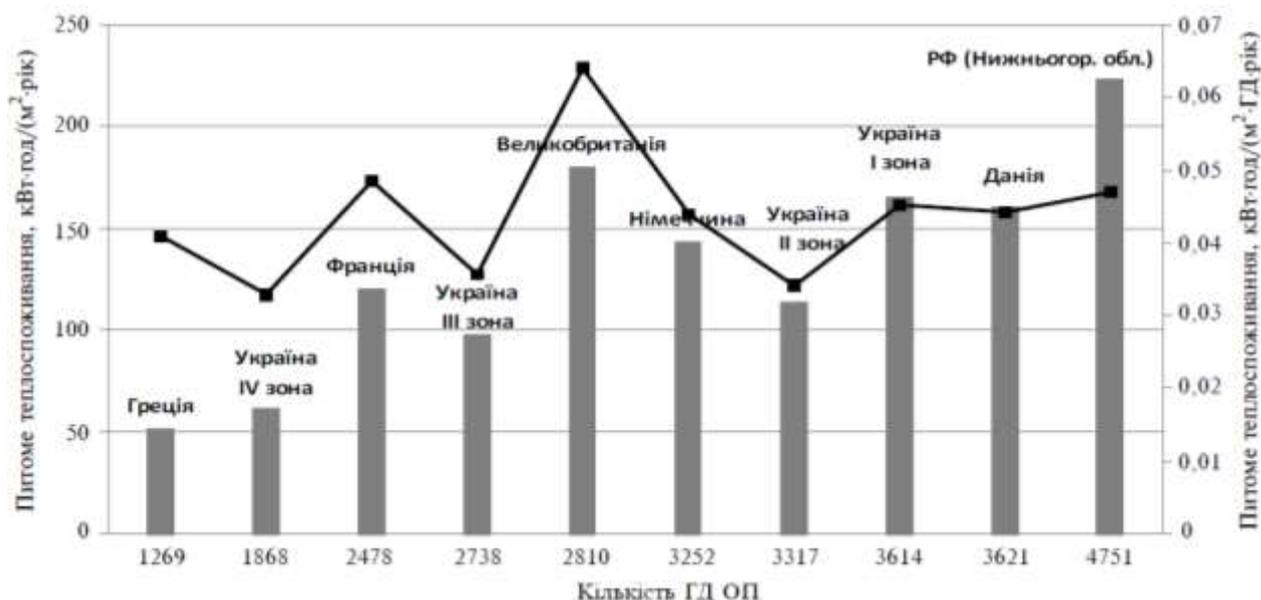


Рисунок 31 – Показники питомого теплоспоживання університетів: — питоме теплоспоживання, кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік); — питоме теплоспоживання, кВт·год/(м<sup>2</sup>·ГД·рік)

В [35] була розроблена методика оцінювання енергоефективності вищих навчальних закладів. Проведено дослідження існуючих підходів до енергетичної сертифікації будівель у світі та відповідної нормативної бази. Запропоновано методику оцінки енергетичної ефективності об'єктів галузі освіти, що може бути інструментом системи управління процесами енергоспоживання та енергозбереження.



Рисунок 32 – Алгоритм побудови та використання моделі оцінювання енергетичної ефективності ВНЗ

В роботі [36] було виконано моделювання процесів повітрообміну у вентильованих фасадах. В статті розглянуті дослідження течії всередині повітряного прошарку вентильованих фасадів при різних вихідних умовах з використанням розроблених числових моделей.

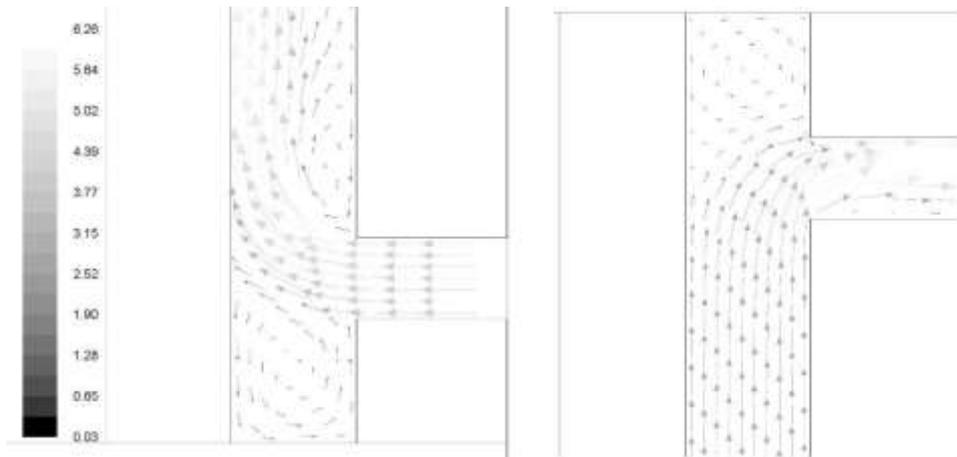


Рисунок 33 – Вектори швидкості в нижньому (зліва) та верхньому (справа) вентиляційних отворах для одноповерхової будівлі при максимальній швидкості вітру, м/с

У статті [37] представлено результати вибору варіанту теплового захисту у будівлях. Представлений алгоритм вибору джерела теплової енергії і теплозахисту з врахуванням комфорту у приміщеннях. Виконаний аналіз доцільності використання методики визначення температури за значенням теплового потоку.

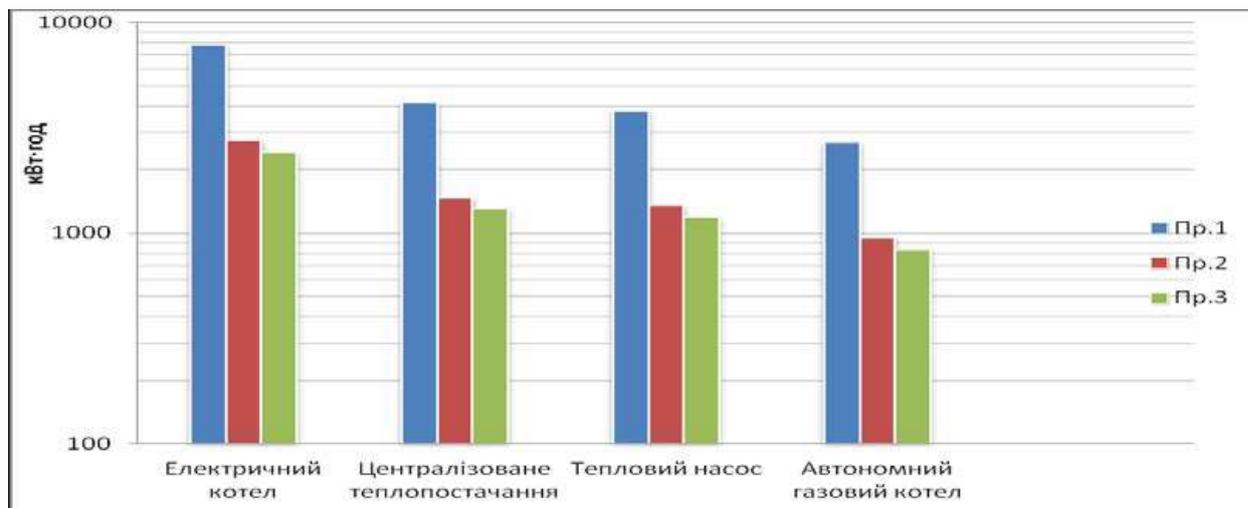


Рис. 34 – Споживання палива при різних варіантах опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

В статті виконано аналіз варіантів теплового комфорту, таких як: адаптивна, модель PMV, модель при якій мінімальне споживання енергії тілом людини. Проаналізовано вплив на тепловий комфорт збільшення теплозахисту огорожувальних конструкцій. При аналізі використано модель кімнати та людини.



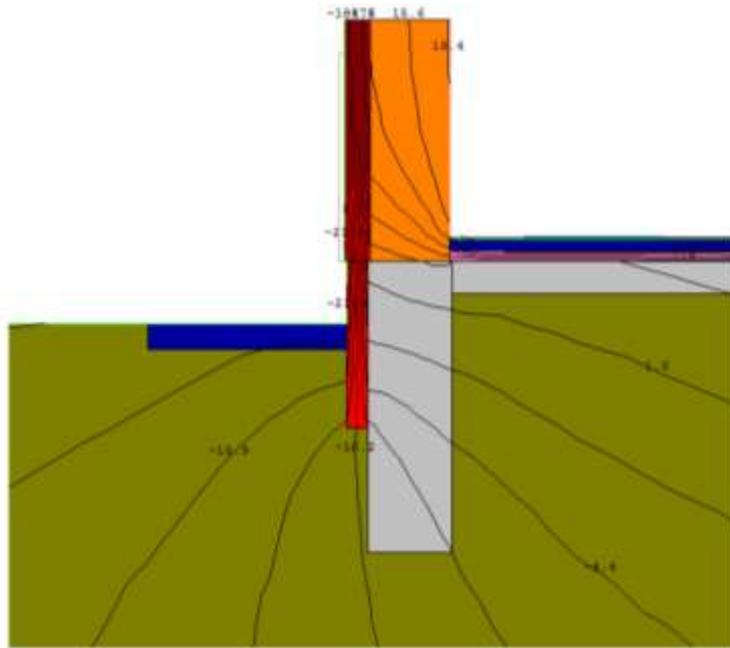


Рисунок 37 – Двовимірна модель для розрахунку значення лінійного коефіцієнту теплопередачі

Компанія **ROCKWOOL** в [39] пропонує наступні теплові вузли металевих огорожувальних конструкцій (рисунки 38 - 41).

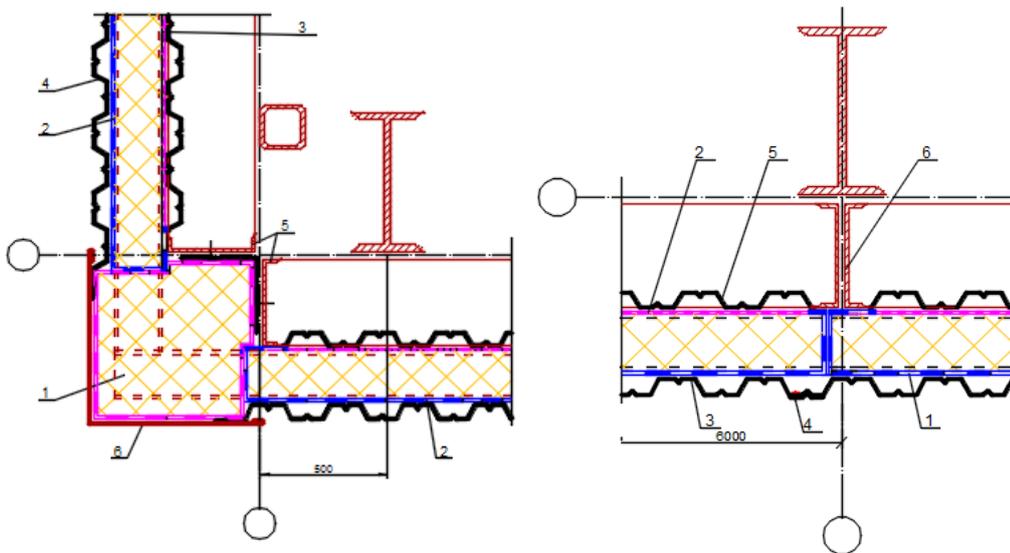


Рисунок 38 – 1. Теплоізоляційні плити з кам'яної вати ЛАЙТ БАТТС (ТУ 5762-050-45757203-15) або ЛАЙТ БАТТС Скандик (ТУ 5762-050-45757203-15); 2. Вітро-вологозахисна мембрана "ROCKWOOL для стін"; 3. Пароізоляція



Н1; 10. антисептований дерев'яний брус перерізом 40х130; 11. антисептований дерев'яний брусок 40х90 (120); 12. Злив С5; 13. Герметизуюча мастика; 14. Шуруп.

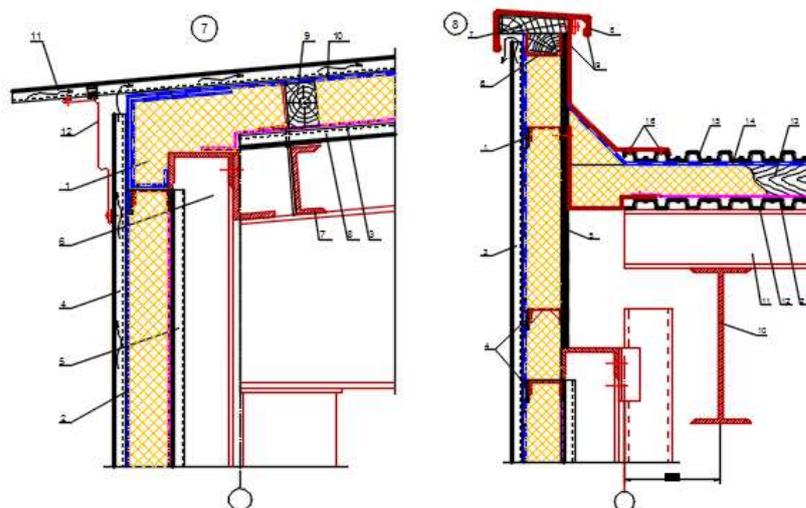


Рисунок 41 – 1. Теплоізоляційні плити з кам'яної вати ЛАЙТ БАТТС (ТУ 5762-050-45757203-15) або ЛАЙТ БАТТС Скандик (ТУ 5762-050-45757203-15); 2. Вітро-вологозахисна мембрана "ROCKWOOL для стін"; 3. Пароізоляція ROCKWOOL; 4. Зовнішня обшивка з оцинкованого сталевого профлиста; 5. Внутрішня обшивка; 6. Каркас панелі; 7. Прогін; 8. Несучий настил покриття; 9. Брус антисептований; 10. Вітро-вологозахисна мембрана "ROCKWOOL для покрівель"; 11. Покрівля з профнастилу; 12. Нащільник Н5.

Часто будівлі зводять з сендвіч-панелей - які складаються з шару утеплювача і двох металевих листів. На ринку пропонують панелі різних розмірів та форм. Сфера застосування цих панелей: офіси, склади, торговельні центри, промислові підприємства та ін.

Компанія ROCKWOOL в якості утеплювача використовує кам'яну вату SPANROCK. Вона має високу щільність, так як панелі повинні бути міцними і надійними.

Для облицювання використовують пласкі або рифлені металеві листи. Для з'єднання обшивки та утеплювача використовують клей.

Оптимальним є варіант облицювання сендвіч-панелей оцинкованої сталлю. Це дозволяє отримати міцну та стійку до корозії панель з високим опором теплопередачі.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

Корпорація **ТехноНІКОЛЬ** у [40] пропонує різноманітні варіанти теплоізоляції стін на основі металевих конструкцій. (рисунок 42-44).



Рисунок 42 – Загальний вигляд системи ТН-ФАСАД Сендвіч

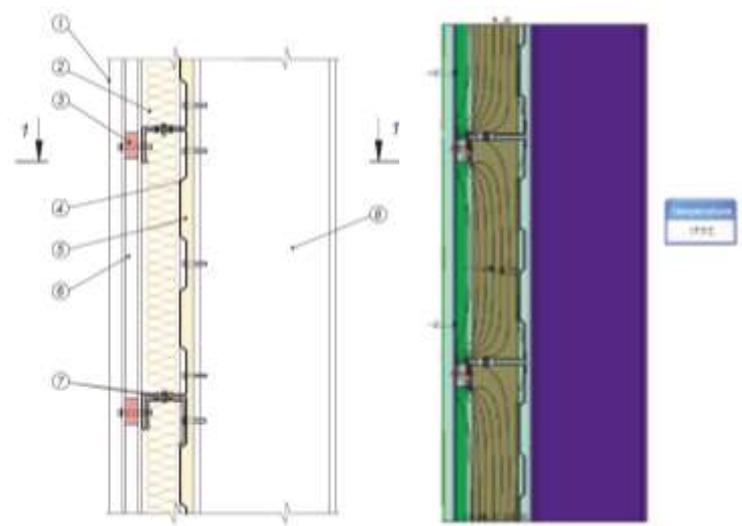


Рисунок 43 – а) Конструкція стіни: 1. Фасадне облицювання металевими касетами; 2. Мінераловатні плити ТЕХНО марки ТЕХНОБЛОК; 3. Термовставка; 4. Касетний профіль; 5. Самоклеюча стрічка; 6. Вентильований повітряний прошарок; 7. Ущільнювач; 8. Колона каркасу. б) Температурне поле.

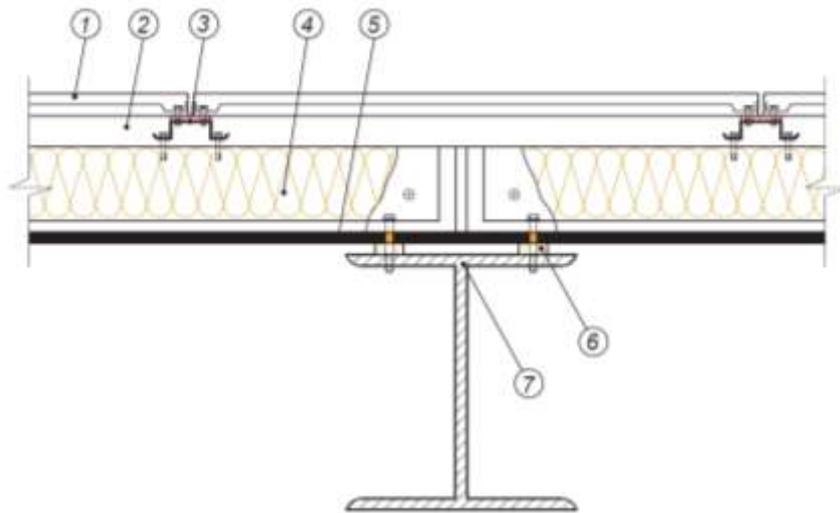


Рисунок 44 – 1. Фасадне облицювання металевими касетами; 2. Вентильований повітряний прошарок; 3. Вертикальна направляюча; 4. Мінераловатні плити ТЕХНО марки ТЕХНОБЛОК; 5. Касетний профіль; 6. Самоклеюча стрічка; 7. Колона каркасу.

Система ТН-ФАСАД Сендвіч використовується у будівлях холодильників, ангарах, промислових будівлях спортивних комплекси, будівлях басейнів та сільськогосподарських будівлях.

Одним з елементів сендвіч-панелі є спеціальний профіль виконаний з тонкошарової конструкції холодним формуванням та покритий оцинкованим листом. Профілі кріпляться до каркасу будівлі саморізами. Панелі мають високі пароізоляційні властивості тому панель можна використовувати на об'єктах з високою вологістю повітря, таких як автомийки, будівлі холодильників, басейни, і.ін.

В панелях в якості утеплювача використовують легкі теплоізоляційні плити ТЕХНОЛАЙТ. Це можливе так як панелі не сприймають навантаження. При застосуванні теплоізоляційних плит ТЕХНОВЕНТ можливо відмовитися від застосування волого-вітрозахисних плівок, завдяки низькій емісії волокна.

Компанія **PAROC** в [41] пропонує наступне рішення зовнішніх огорожувальних конструкцій з використанням металевих елементів (рис 45).

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

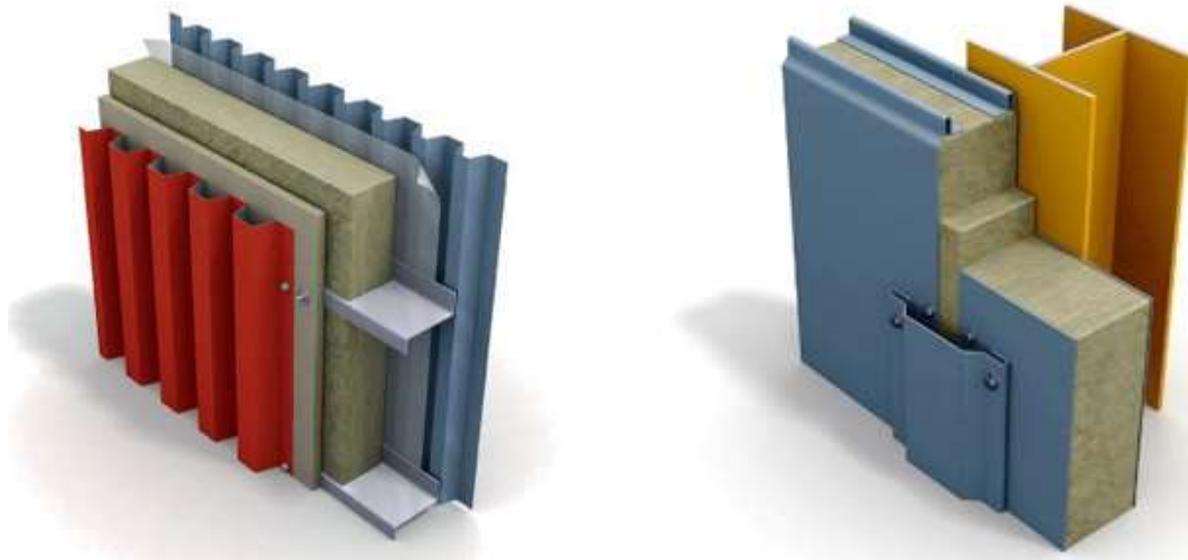


Рисунок 45 – Конструкція огороження для: а) промислового будівництва;  
б) громадського будівництва

Данні конструкції являють собою типові рішення для застосування в частково опалювальних промислових будівлях і складських приміщеннях та громадських будинках.

Для промислового будівництва застосовується суцільний шар стінової теплоізоляції, що укладається поверх стійок, значно підвищує опір конструкції передачі тепла, запобігаючи утворенню містків холоду. У будинках з підвищеними вимогами до параметрів внутрішнього повітряного середовища, таким як висока вологість і / або висока температура повітря, облаштування непроникною пароізоляції і належної вентиляції фасаду має особливо важливе значення. Клас вогнестійкості ізоляції значно впливає на характеристики вогнестійкості готової стінової конструкції.

Всі вироби на основі базальтової вати марки «PAROC» з покриттям із скловолокна, належать до групи горючості Г1.

Для громадського будівництва компанія «Парок» пропонує застосувати теплоізоляційні плити в якості середнього шару панелей, Металева багатошарова панель типу "сендвіч" складається з одного шару ламелей теплоізоляції, що з'єднує разом внутрішні і зовнішні поверхневі шари з листового металу.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Компанія в [42] пропонує наступні рішення огорожувальних конструкцій (рисунок 46-48).

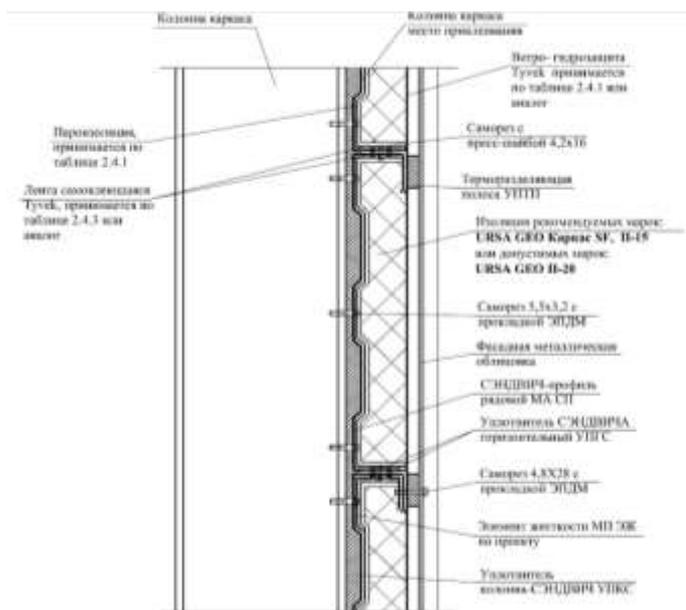
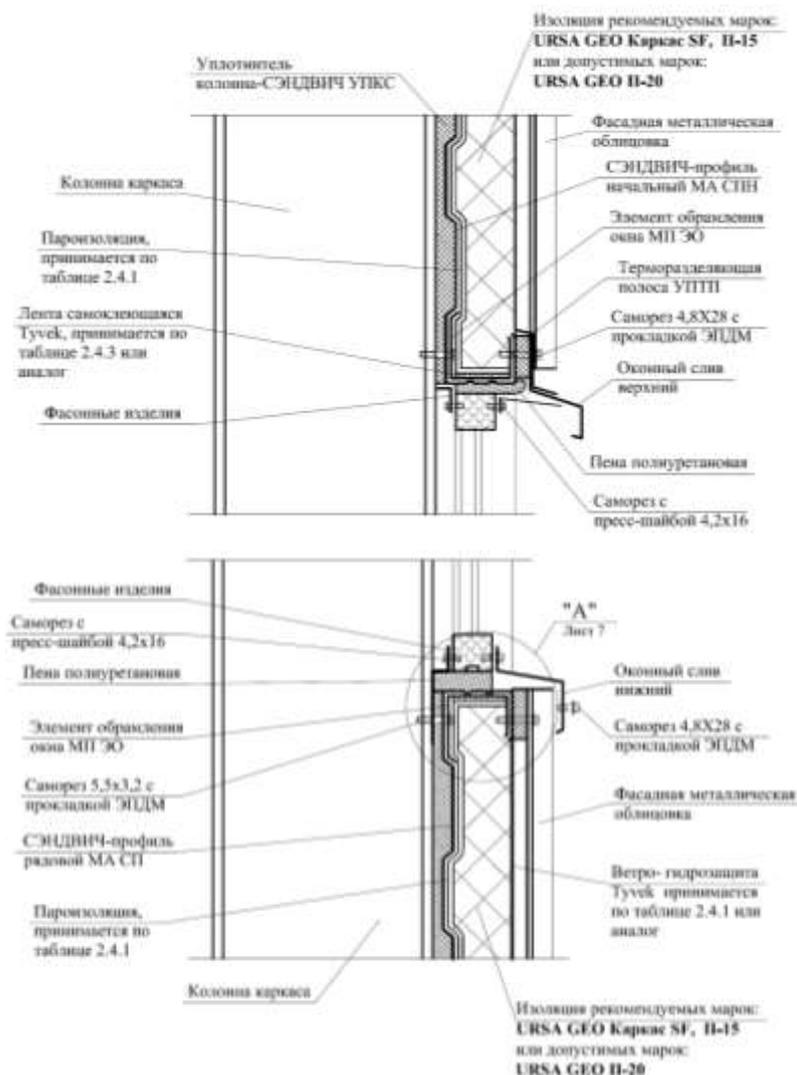


Рисунок 46 – Вертикальный разрез стены



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Рисунок 47 – Примикання стіни до вікон

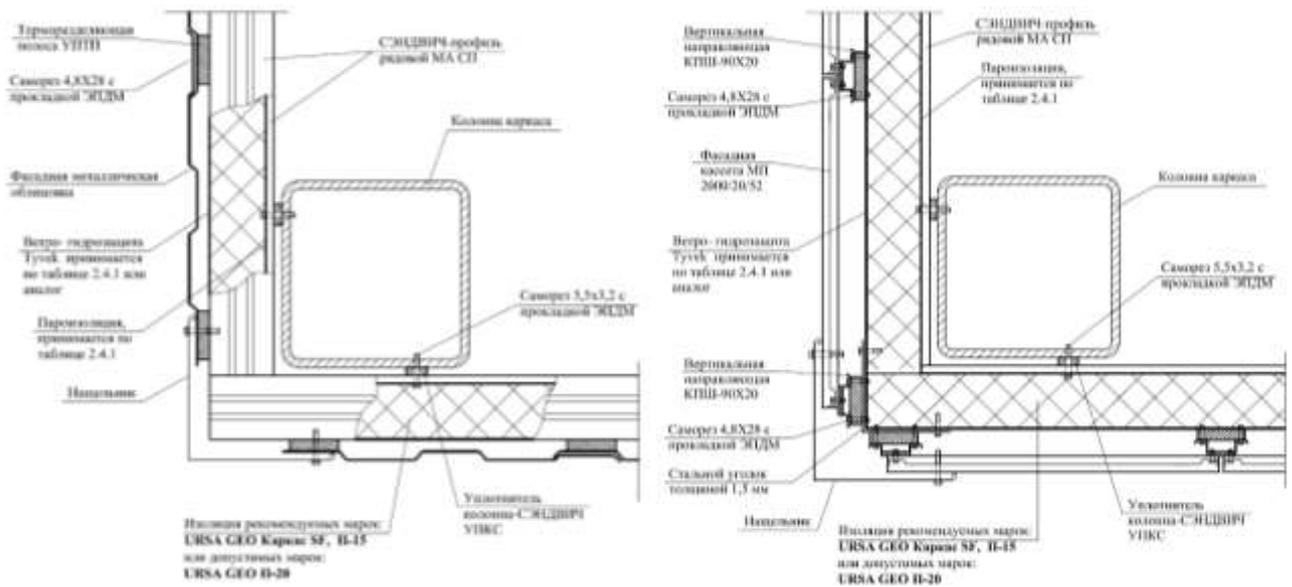


Рисунок 48 – Варіанти зовнішнього кута стіни

Дослідженнями в галузі термомодернізації будівель займалися закордонні автори. результати їх роботи наведені у [44-73].

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. Дослідженнями теплозахисту огорожувальних конструкцій займалися вітчизняні і закордонні автори.
2. Зокрема теплозахисту металевих зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків присвячені роботи Фаренюка Г.Г., М.В. Савицького, Нікіфорової Т.Д., Дешко В.І., Колесника Є.С., та інших авторів.
3. Фірмами ROCKWOOL, ТехноНІКОЛЬ PAROC, URSA розроблені схеми утеплення частин будівель з використанням металевих конструкцій.
4. Недостатньо розроблені варіанти утеплення вузлів металевих конструкцій на основі трубчастих елементів.

## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24

### 2.1 НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ДО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Нормування теплозахисту огороджувальних конструкцій регламентується в [74-75].

У огороджувальних конструкціях будинків необхідне виконання умов:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q.min}$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}$$

$$\tau_{в.min} > t_{min} ,$$

де  $R_{\Sigma пр}$  – приведений опір теплопередачі огородження,  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

$R_{q.min}$  – мінімально допустимий опір теплопередачі огородження,  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

$\Delta t_{пр}$  – перепад між температурою повітря і температурою внутрішньої поверхні огородження,  $^{\circ}C$ ;

$\Delta t_{сг}$  – допустима різниця між температурою внутрішнього повітря і температурою поверхні огородження,  $^{\circ}C$ ;

$\tau_{в.min}$  – температура поверхні в місцях теплопровідних включень в огороженні,  $^{\circ}C$ ;

$t_{min}$  – допустима температура поверхні,  $^{\circ}C$ .

### 2.2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Приведений опір теплопередачі огородження визначають за формулою:

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^J k_j \cdot L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k},$$

де  $F_{\Sigma}$  – загальна площа конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі частини конструкції, (м<sup>2</sup> · К/Вт);

$F_i$  – площа частини конструкції, м<sup>2</sup>;

$k_j$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення, м;

$L_j$  – лінійний розмір (проекція) j-го теплопровідного включення, м;

$\Psi_k$  – точковий коефіцієнт теплопередачі теплопровідного включення, Вт/К;

$N_k$  – загальна кількість теплопровідних включень, шт.

Визначення коефіцієнтів теплопередачі виконують з використанням розрахунків температурних полів. Методика розрахунків наведена у [120].

Лінійні коефіцієнти теплопередачі наведені у Г [75], точкові коефіцієнти теплопередачі у Д [75].

### 2.3 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Визначення лінійного коефіцієнта виконуємо згідно з [76] за формулою:

$$k_i = L^{2D} - \sum_{i=1}^j U_j \cdot l_j$$

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

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_B - t_3}$$

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

де  $Q_{\text{заг}}$  - тепловий потік через ділянку огороження з теплопровідним включенням, Вт, знаходимо з використанням температурного поля;

де  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{з}}$  - температура, °С, внутрішнього та зовнішнього повітря. Розрахунок виконуємо для учбового корпусу розташованого у І-й температурній зоні. За табл. В.2 додатку В [104]  $t_{\text{в}} = 21$  °С; а за табл. В.4 додатку В [104]  $t_{\text{з}} = -22$  °С;

$U_j$  - коефіцієнт теплопередачі фрагмента, Вт/(м<sup>2</sup> · К), що розділяє два середовища знаходимо за формулою

$$U_1 = \frac{1}{R_{\Sigma}}$$

де  $R_{\Sigma}$  - опір теплопередачі однорідної частини конструкції, м<sup>2</sup> · К/Вт, знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}$$

де  $\delta_i$  - товщини шарів огороження, м;

$\lambda_{p,i}$  - теплопровідність шарів огороження, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [75];

$\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{з}}$  - коефіцієнти тепловіддачі на поверхнях конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К), які визначають за додатком Б [75];

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

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

$l_i$  - довжина, м, до якої застосовано значення  $U_i$ .

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

## 2.4 ТЕПЛОЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

### 2.4.1. Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус).

Конструкція існуючої зовнішньої стіни 1-го поверху наведена на рисунку 49.



Рисунок 49 – Конструкція існуючої зовнішньої стіни 1-го поверху

Конструкція існуючої зовнішньої стіни 2-го поверху наведена на рисунку 50.

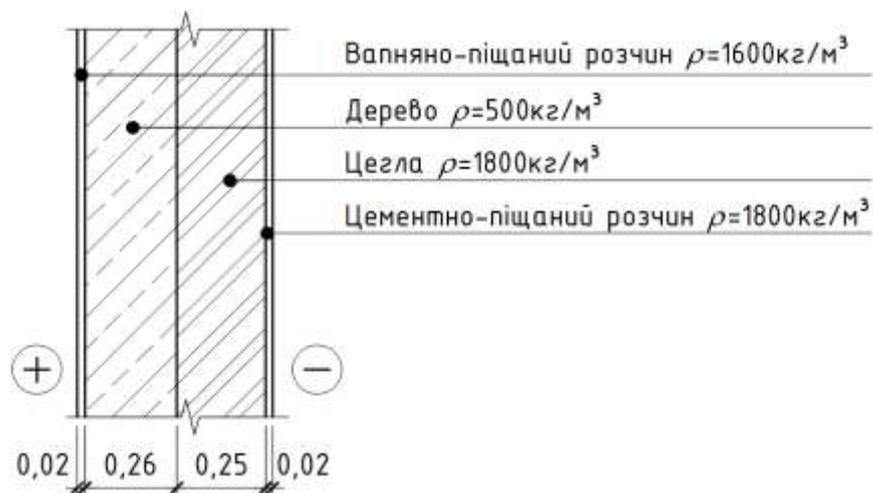


Рисунок 50 – Конструкція існуючої зовнішньої стіни 2-го поверху

За дод. В табл. В.2 [74] знаходимо температуру внутрішнього повітря -  $t_{\text{в}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ .

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

За дод. В табл. В.2 [74] знаходимо відносну вологість внутрішнього повітря -  $\varphi_{в} = 50\%$

За дод. В табл. В.1 [74] знаходимо тепловологісний режим - нормальний;

За дод. В табл. В.1 [74] знаходимо вологісні умови матеріалу в огороженні - Б;

За дод. Б [74] знаходимо температурну зону району будівництва - І.

За табл. 3 [74] знаходимо мінімально-допустиме значення опору теплопередачі огороження

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

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі стіни прийнята на висоту 2-х поверхів та по осям симетрії простінків огороження (рисунок 51).

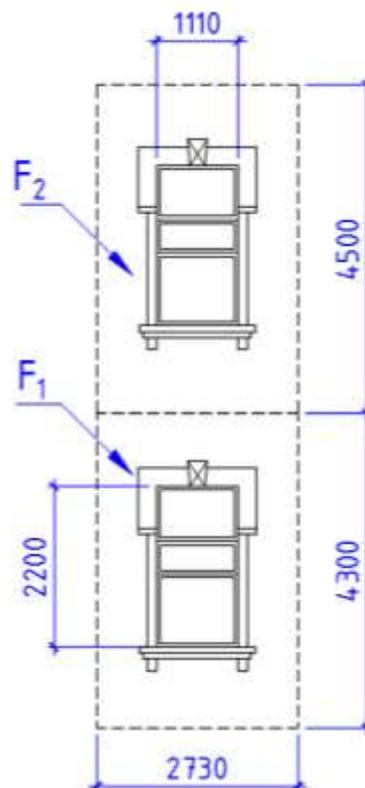


Рисунок 51 – Конфігурація розрахункової схеми для визначення приведенного опору

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Знаходимо приведенний опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороження за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{F_2}{R_{\Sigma 2}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3}$$

$$= \frac{19,14}{\frac{9,297}{1,155} + \frac{9,843}{1,958} + 0,081 \times 2,22 + 0,059 \times 2,22 + 0,068 \times 8,8} = 1,369 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огороження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 8,8 \times 2,73 - 2,2 \times 1,11 \times 2 = 19,14 \text{ м}^2$$

$F_1, F_2$  – площа термічно однорідних частин огороження, відповідно 1-го та 2-го поверхів,  $\text{м}^2$ , (рисунок 3) знаходимо за формулами:

$$F_1 = 4,3 \times 2,73 - 2,2 \times 1,11 = 9,297 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 4,5 \times 2,73 - 2,2 \times 1,11 = 9,843 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}, R_{\Sigma 2}$  – опір теплопередачі термічно однорідних частин конструкції відповідно 1-го та 2-го поверхів,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , знаходимо за формулами:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1\text{п}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2\text{п}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,77}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 1,155 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma 2} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1\text{п}}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4\text{п}}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5\text{п}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

					2МБП. 10589142.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,26}{0,18} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 1,958 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли на 1-му поверсі, цементно-піщаного розчину, дерева, цегли на 2-му поверсі, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,77 \text{ м}; \delta_3 = 0,02 \text{ м}; \delta_4 = 0,26 \text{ м}; \delta_5 = 0,25 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}$ , – теплопровідність вапняно-піщаного розчину, цегли на 1-му поверсі, цементно-піщаного розчину, дерева, цегли на 2-му поверсі, Вт/(м·К), приймаємо за табл. А1 [75];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{3p} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

$$\lambda_{4p} = 0,18 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{5p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$k_1; k_2; k_3$ ; – лінійні коефіцієнти, Вт/(м·К), віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [74].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

$L_1; L_2; L_3$  – лінійні розміри теплопровідних включень, м, віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 2,22 \text{ м}; L_2 = 2,22 \text{ м}; L_3 = 8,8 \text{ м}$$

Так як  $R_{\Sigma пр} = 1,369 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

#### 2.4.2. Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус).

Конструкція існуючої зовнішньої стіни наведена на рисунку 52.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

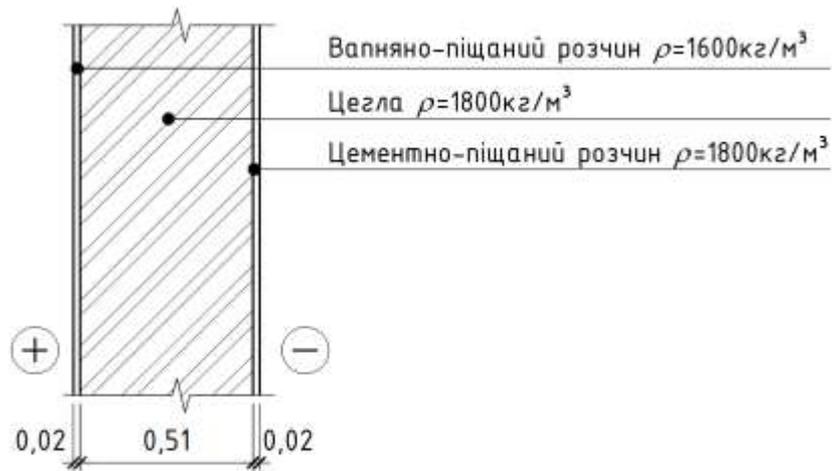


Рисунок 52 – Конструкція існуючої зовнішньої стіни

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі стіни прийнята на висоту поверху та по осям симетрії простінків огороження (рисунок 53).

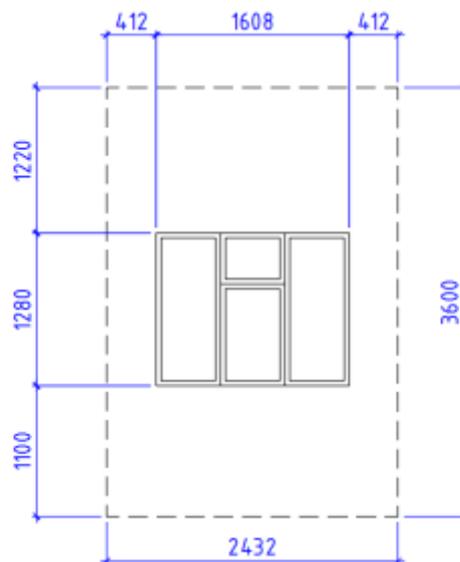


Рисунок 53 – Конфігурація розрахункової схеми для визначення приведенного опору теплопередачі стіни

Знаходимо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороження за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3} =$$

$$= \frac{6,697}{\frac{6,697}{0,834} + 0,081 \times 1,608 + 0,059 \times 1,608 + 0,068 \times 2,56} = 0,795 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огородження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 3,6 \times 2,432 - 1,28 \times 1,608 = 6,697 \text{ м}^2$$

$F_1$  – площа однорідної частини огородження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) дорівнює  $F_{\Sigma} = 6,697 \text{ м}^2$ .

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі однорідної частини огородження,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 0,834 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, цементно-піщаного розчину, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,51 \text{ м}; \delta_3 = 0,02 \text{ м};$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}$ , – теплопровідність розчину, цегли, цементно-піщаного розчину,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , приймаємо за табл. А1 [75];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{3p} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

$\alpha_{\text{в}}, \alpha_{\text{зн}}$  – коефіцієнти тепловіддачі поверхонь огородження,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , приймаємо за додатком Б [75];

$$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}); \alpha_{\text{зн}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

$k_1; k_2; k_3$ ; – лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [74].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

$L_1; L_2; L_3$  – розміри теплопровідних включень, м, віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 1,608 \text{ м}; L_2 = 1,608 \text{ м}; L_3 = 2,56 \text{ м}$$

Так як  $R_{\Sigma \text{пр}} = 0,795 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

### 2.4.3. Зовнішня стіна (спортивний зал).

Конструкція існуючої зовнішньої стіни до висоти 3 м від підлоги наведена на рисунку 54.

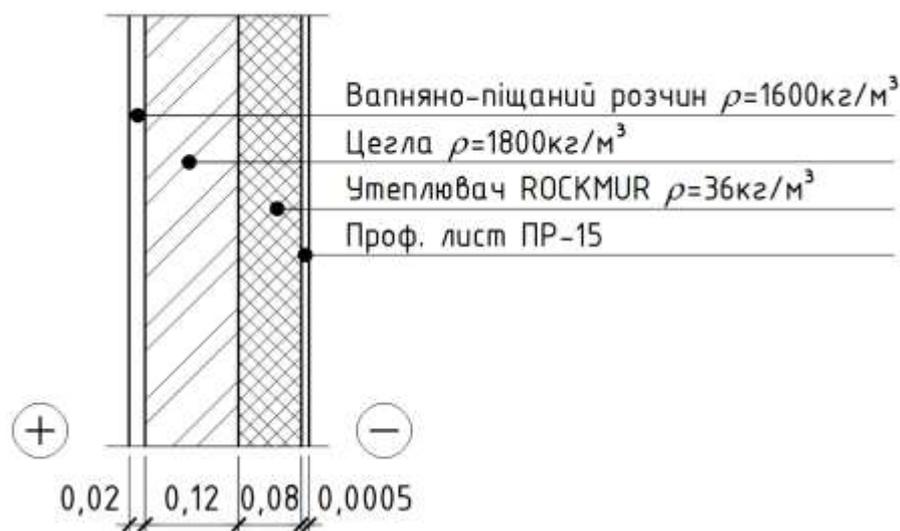


Рисунок 54 – Конструкція існуючої зовнішньої стіни до висоти 3 м від підлоги

Конструкція існуючої зовнішньої стіни вище висоти 3 м від підлоги наведена на рисунку 55.

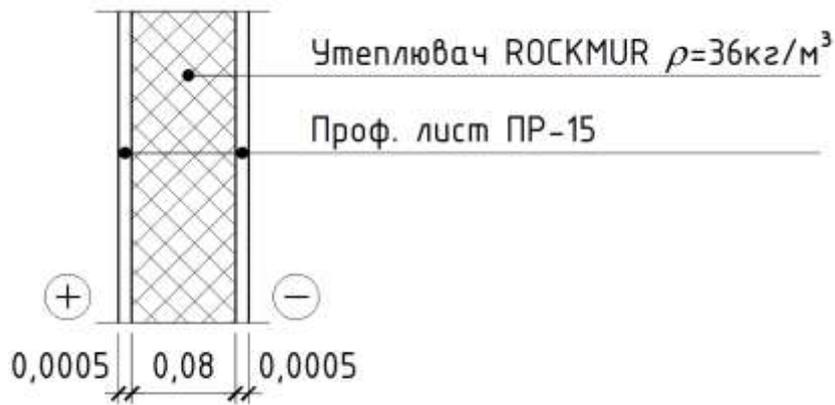


Рисунок 55 – Конструкція існуючої зовнішньої стіни вище висоти 3 м від підлоги

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі стіни прийнята на висоту поверху та по осям симетрії простінків огороження (рисунок 56).

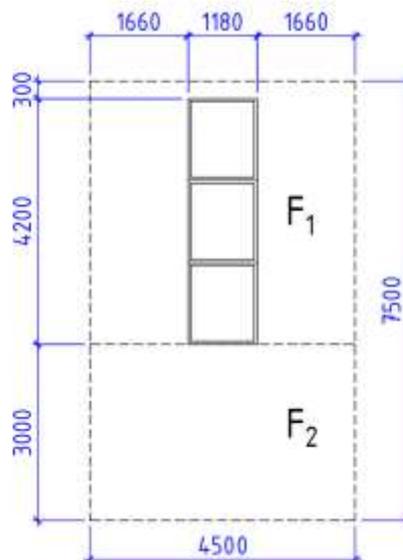


Рисунок 56 – Конфігурація розрахункової схеми для визначення приведенного опору

Знаходимо приведений опір термічно неоднорідного огороження за формулою:

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{F_2}{R_{\Sigma 2}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3}$$

$$= \frac{28,79}{\frac{15,294}{2,493} + \frac{13,5}{2,321} + 0,081 \times 1,18 + 0,059 \times 1,18 + 0,068 \times 8,4} = 2,269 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огороження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 7) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 7,5 \times 4,5 - 1,18 \times 4,2 = 28,79 \text{ м}^2$$

де  $F_1, F_2$  – площа термічно однорідних частин огороження, відповідно до 3 м від підлоги та вище,  $\text{м}^2$ , (рисунок 7) знаходимо за формулами:

$$F_1 = 4,5 \times 4,5 - 4,2 \times 1,18 = 15,294 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 4,5 \times 3 = 13,5 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}, R_{\Sigma 2}$  – опір теплопередачі термічно однорідних частин конструкції відповідно до 3 м від підлоги та вище,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , знаходимо за формулами:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,0005}{58} + \frac{1}{23} = 2,493 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma 2} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,0005}{58} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,0005}{58} + \frac{1}{23} = 2,321 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача, профільованого листа, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,12 \text{ м}; \delta_3 = 0,08 \text{ м}; \delta_4 = 0,0005 \text{ м}$$

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}$  – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача, профільованого листа, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [75];

$\lambda_{1p} = 0,81$  Вт/(м · К);  $\lambda_{2p} = 0,81$  Вт/(м · К);  $\lambda_{3p} = 0,037$  Вт/(м · К);  $\lambda_{4p} = 58$  Вт/(м · К)

$k_1; k_2; k_3$ ; – лінійні коефіцієнти, Вт/(м · К), віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [74].

$k_1 = 0,081$ ;  $k_2 = 0,059$ ;  $k_3 = 0,068$ ;

$L_1; L_2; L_3$  – лінійні розміри теплопровідних включень, м, відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$L_1 = 1,18$  м;  $L_2 = 1,18$  м;  $L_3 = 8,4$  м

Так як  $R_{\Sigma пр} = 2,269$  м<sup>2</sup> · К/Вт <  $R_{q.min} = 3,3$  м<sup>2</sup> · К/Вт то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

#### 2.4.4. Зовнішня стіна (3-я черга будівництва).

Конструкція існуючої зовнішньої стіни наведена на рисунку 57.

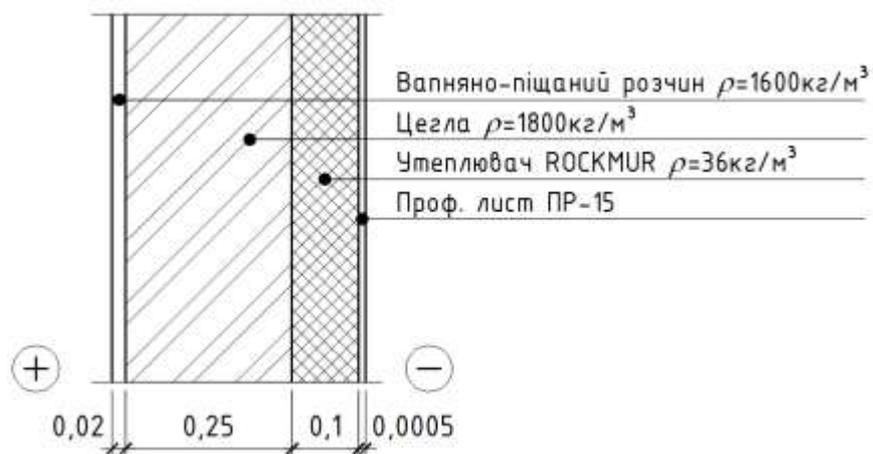


Рисунок 57 – Конструкція існуючої зовнішньої стіни

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі стіни прийнята на висоту поверху та по осям симетрії простінків огороження (рисунок 58).

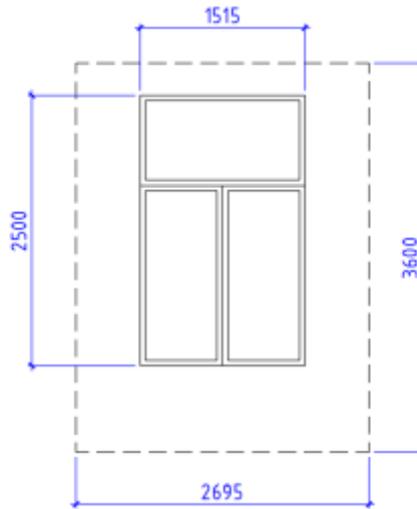


Рисунок 58 – Конфігурація розрахункової схеми для визначення приведенного опору

Знаходимо приведений опір термічно неоднорідного огородження за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3} =$$

$$= \frac{6,827}{\frac{6,827}{3,194} + 0,081 \times 1,515 + 0,059 \times 1,515 + 0,068 \times 5} = 2,538 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огородження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 3,6 \times 2,695 - 2,5 \times 1,15 = 6,827 \text{ м}^2$$

$F_1$  – площа термічно однорідної частини огородження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) дорівнює  $F_{\Sigma} = 6,827 \text{ м}^2$ .

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі однорідного огородження,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,0005}{58} + \frac{1}{23} = 3,194 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача, профільованого листа, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,25 \text{ м}; \delta_3 = 0,1 \text{ м}; \delta_4 = 0,0005 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}$  – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача, профільованого листа, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [75];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт/(м · К)}; \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт/(м · К)}; \lambda_{3p} = 0,037 \text{ Вт/(м · К)}; \lambda_{4p} = 58 \text{ Вт/(м · К)}$$

$k_1; k_2; k_3$ ; – лінійні коефіцієнти, Вт/(м · К), віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [75].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

$L_1; L_2; L_3$  – розміри теплопровідних включень, м, віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 1,515 \text{ м}; L_2 = 1,515 \text{ м}; L_3 = 5 \text{ м}$$

Так як  $R_{\Sigma пр} = 2,538 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

#### 2.4.5. Горищне перекриття (2-о поверховий корпус).

Конструкція існуючого горищного перекриття наведена на рисунку 59.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

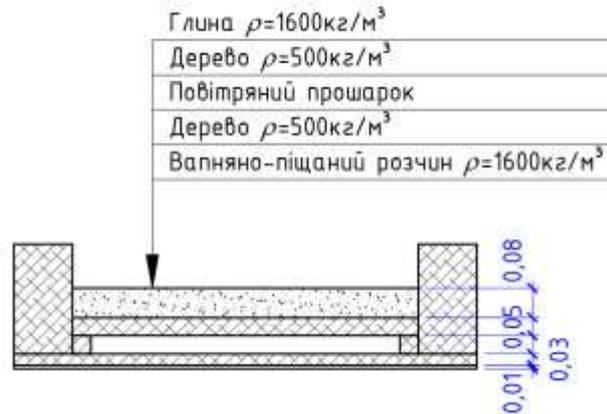


Рисунок 59 – Конструкція існуючого горищного перекриття

За дод. А [74] знаходимо розрахункову теплопровідність шарів огородження:

- вапняно-піщаний розчин  $\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- дерево  $\lambda_{2p} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- повітряний прошарок
- дерево  $\lambda_{4p} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- глина  $\lambda_{5p} = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$

Тепловий опір повітряного прошарку за додатком В [74] складає  $R_3 = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$

За табл. 3 [74] знаходимо мінімально-допустиме значення опору теплопередачі огородження

$$R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Знаходимо опір теплопередачі горищного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + R_3 + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,03}{0,18} + 0,14 + \frac{0,05}{0,18} + \frac{0,08}{0,6} = 0,928 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

де  $\alpha_{\text{в}}$  - коефіцієнт тепловіддачі поверхонь огороження, Вт/(м · °С), знаходимо за дод. Б [74];

$$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$\alpha_{\text{зн}}$  - коефіцієнт тепловіддачі поверхні огороження, Вт/(м · °С), знаходимо за дод. Б [74].

$$\alpha_{\text{зн}} = 12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 0,928 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q,\text{min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні.

#### 2.4.6. Горищне перекриття (3-и поверховий корпус).

Конструкція існуючого горищного перекриття наведена на рисунку 60.

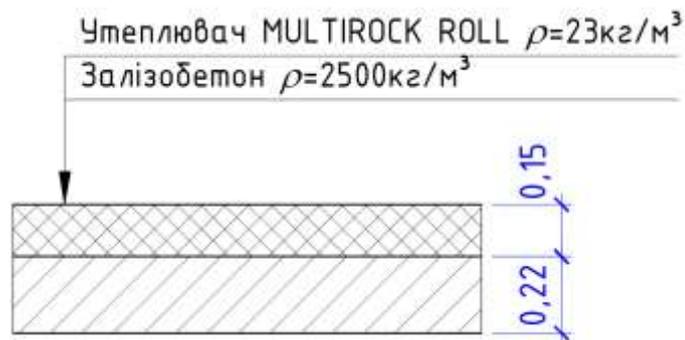


Рисунок 60 – Конструкція існуючого горищного перекриття

За дод. А [75] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огороження:

- залізобетон  $\lambda_{1p} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- Утеплювач MULTIROCK ROLL  $\lambda_{2p} = 0,044 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

Знаходимо опір теплопередачі горищного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,15}{0,044} = 3,715 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 3,715 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні.

#### 2.4.7. Горищне перекриття (спортивний зал).

Конструкція існуючого горищного перекриття наведена на рисунку 61.

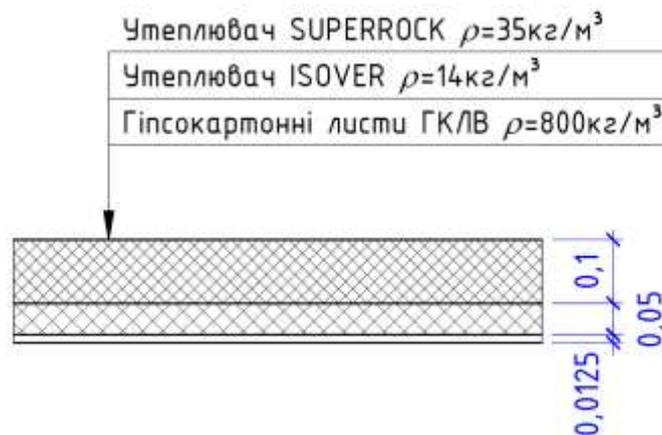


Рисунок 61 – Конструкція існуючого горищного перекриття

За дод. А [74] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огороження:

- гіпсокартонні листи ГКЛВ  $\lambda_{1p} = 0,21 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- утеплювач ISOVER  $\lambda_{2p} = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- утеплювач SUPERROCK  $\lambda_{3p} = 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

Знаходимо опір теплопередачі горищного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{\alpha_{з}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,1}{0,035} = 4,466 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 4,466 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні.

#### 2.4.8. Горищне перекриття (3-а черга будівництва).

Конструкція існуючого горищного перекриття наведена на рисунку 62.

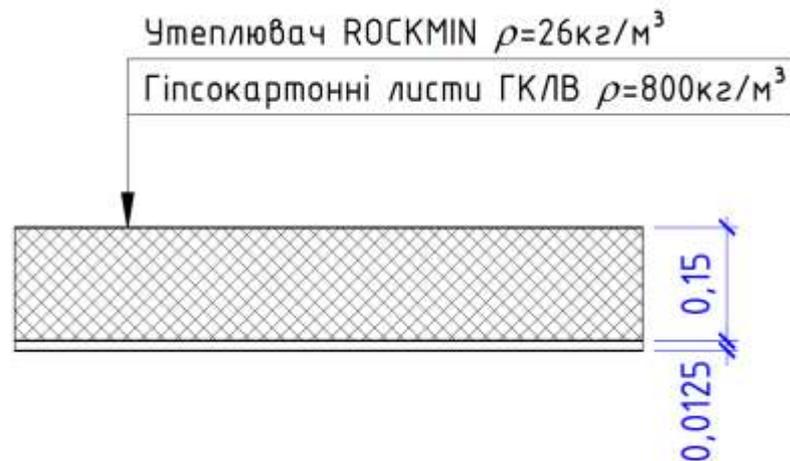


Рисунок 62 – Конструкція існуючого горищного перекриття

За дод. А [2] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огородження:

- гіпсокартонні листи ГКЛВ  $\lambda_{1p} = 0,21 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- утеплювач ROCKMIN  $\lambda_{2p} = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;

Знаходимо опір теплопередачі горищного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{\alpha_{з}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,15}{0,039} = 4,104 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 4,104 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горіщного перекриття недостатні.

#### 2.4.9. Суміщене покриття (вестибюльна група між 2-го та 3-го поверховими корпусами).

Конструкція існуючого суміщеного покриття наведена на рисунку 63.



Рисунок 63 – Конструкція існуючого суміщеного покриття

За дод. А [74] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огороження:

- залізобетон  $\lambda_{1p} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- керамзит  $\lambda_{2p} = 0,23 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- цементно-піщаний розчин  $\lambda_{3p} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- руберойдний килим  $\lambda_{4p} = 0,17 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

За табл. 3 [1] знаходимо мінімальне значення опору теплопередачі огороження

$$R_{q.min} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Знаходимо опір теплопередачі горіщного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{1}{\alpha_{з}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,25}{0,23} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,17} = 1,543 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 1,543 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q.min} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого суміщеного покриття недостатні.

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Теплозахисні властивості існуючих огорожувальних конструкцій школи № 24 не відповідають нормам.
2. Чим раніше збудований корпус школи тим більша різниця між нормованим та фактичним опором теплопередачі огорожувальних конструкцій.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

### РОЗДІЛ 3. СТАН ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

Додаткове утеплення зовнішніх стін виконуємо утеплювачем FRONTROCK MAX E густиною  $\rho_o = 150 \text{ кг/м}^3$ , теплопровідністю  $\lambda_{4p} = 0,038 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

#### 3.1. Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус).

Конструкція зовнішньої стіни 1-го поверху після термомодернізації наведена на рисунку 64.

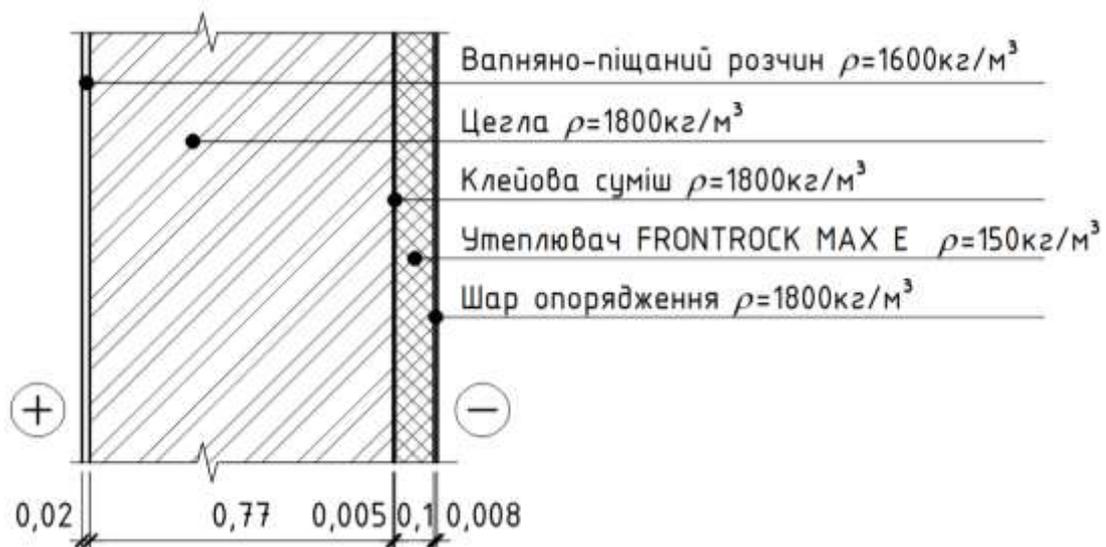


Рисунок 64 – Конструкція зовнішньої стіни 1-го поверху після термомодернізації

Конструкція зовнішньої стіни 2-го поверху після термомодернізації наведена на рисунку 65.

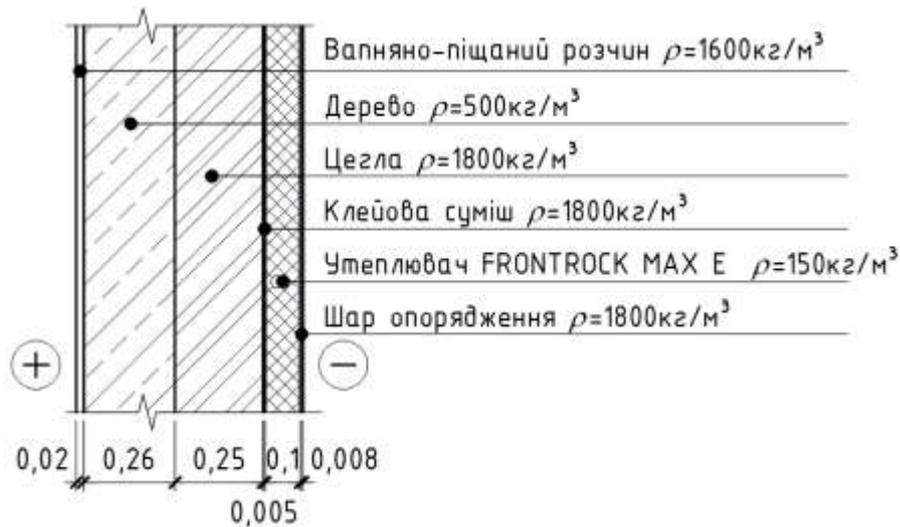


Рисунок 65 – Конструкція зовнішньої стіни 2-го поверху після термомодернізації

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі стіни прийнята наведено на рисунку 18.

Знаходимо приведенний опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорій огорождення за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{F_2}{R_{\Sigma 2}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3}$$

$$= \frac{19,14}{\frac{9,297}{3,779} + \frac{9,843}{4,582} + 0,081 \times 2,22 + 0,059 \times 2,22 + 0,068 \times 8,8} = 3,469 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огорождення,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 8,8 \times 2,73 - 2,2 \times 1,11 \times 2 = 19,14 \text{ м}^2$$

$F_1, F_2$  – площа термічно однорідних частин огорождення, відповідно 1-го та 2-го поверхів,  $\text{м}^2$ , (рисунок 3) знаходимо за формулами:

$$F_1 = 4,3 \times 2,73 - 2,2 \times 1,11 = 9,297 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 4,5 \times 2,73 - 2,2 \times 1,11 = 9,843 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}$ ,  $R_{\Sigma 2}$  – опір теплопередачі термічно однорідних частин конструкції відповідно 1-го та 2-го поверхів,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , знаходимо за формулами:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,77}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,1}{0,038} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,779 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$R_{\Sigma 2} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{6p}} + \frac{\delta_7}{\lambda_{7p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,1}{0,038} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{0,26}{0,18} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{1}{23} = 4,582 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли на 1-му поверсі, клейової суміші, утеплювача, опоряджувального шару, дерева, цегли на 2-му поверсі, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,77 \text{ м}; \delta_3 = 0,005 \text{ м}; \delta_4 = 0,15 \text{ м}; \delta_5 = 0,008 \text{ м}; \delta_6 = 0,26 \text{ м};$$

$$\delta_7 = 0,25 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}, \lambda_{6p}, \lambda_{7p}$  – теплопровідність відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли на 1-му поверсі, клейової суміші, утеплювача, опоряджувального шару, дерева, цегли на 2-му поверсі,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , приймаємо за табл. А1 [75];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{3p} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{4p} =$$

$$0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{5p} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{6p} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \lambda_{7p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$k_1; k_2; k_3$ ; – коефіцієнти теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [75].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

										2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							57

$L_1; L_2; L_3$  – лінійні розміри теплопровідних включень, м, віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 2,22 \text{ м}; L_2 = 2,22 \text{ м}; L_3 = 8,8 \text{ м}$$

Так як  $R_{\Sigma \text{пр}} = 3,469 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.\text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості стіни після термомодернізації достатні.

### 3.2. Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус).

Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації наведена на рисунку 66.

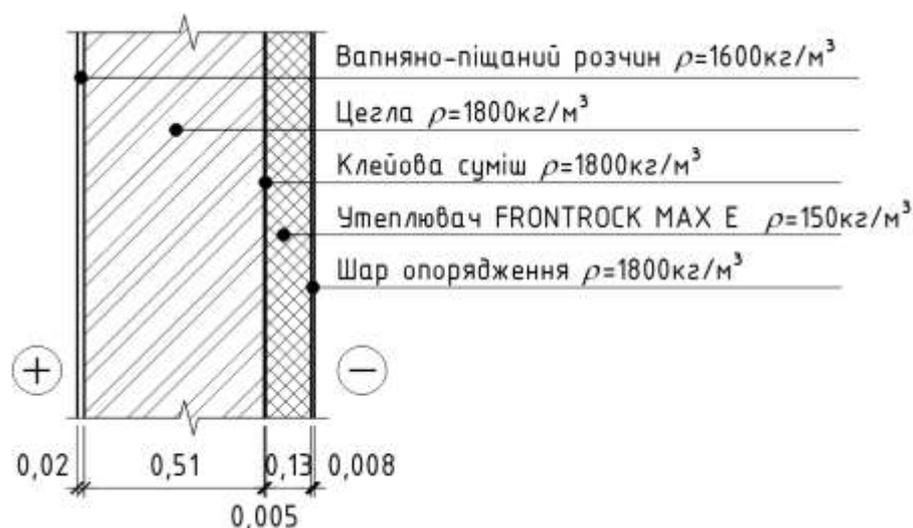


Рисунок 66 – Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі стіни наведена на рисунку 5.

Знаходимо приведенний опір термічно неоднорідної непрозорої огороження за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3} =$$

$$= \frac{6,697}{\frac{6,697}{4,248} + 0,081 \times 1,608 + 0,059 \times 1,608 + 0,068 \times 2,56} = 3,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огородження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 3,6 \times 2,432 - 1,28 \times 1,608 = 6,697 \text{ м}^2$$

$F_1$  – площа термічно однорідної частини огородження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) дорівнює  $F_{\Sigma} = 6,697 \text{ м}^2$ .

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі однорідної частини огородження,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , знаходимо за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} =$$
$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,13}{0,038} + \frac{0,008}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,248 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

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

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,51 \text{ м}; \delta_3 = 0,005 \text{ м}; \delta_4 = 0,13 \text{ м}; \delta_5 = 0,008 \text{ м};$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$  – теплопровідність вапняно-піщаного розчину, цегли, клейової суміші, утеплювача, опоряджувального шару,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , приймаємо за табл. А1 [115];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{3p} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{4p} = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}); \lambda_{5p} = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

$k_1; k_2; k_3$ ; – коефіцієнти теплопередачі,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [75].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

$L_1; L_2; L_3$  – розміри теплопровідних включень, м, віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 1,608 \text{ м}; L_2 = 1,608 \text{ м}; L_3 = 2,56 \text{ м}$$

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

Так як  $R_{\Sigma пр} = 3,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості стіни після термомодернізації достатні.

### 3.3. Зовнішня стіна (спортивний зал).

Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації, до висоти 3 м від підлоги наведена на рисунку 67.

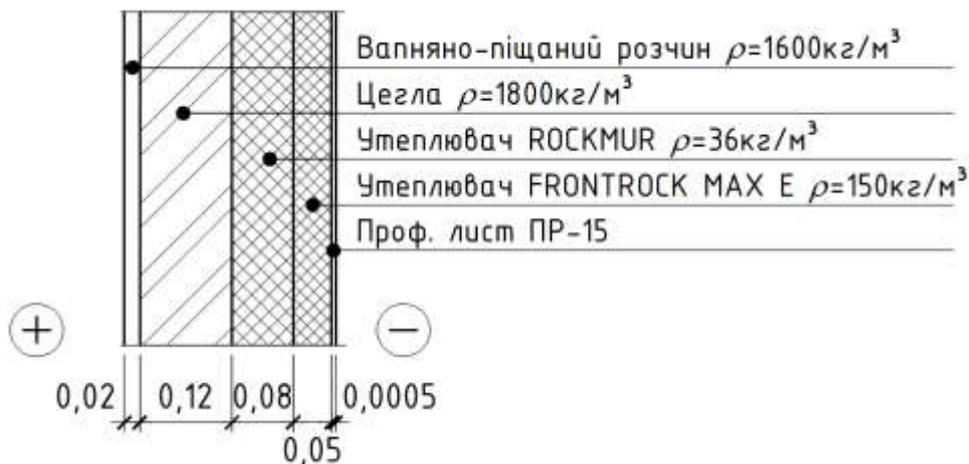


Рисунок 67 – Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації до висоти 3 м від підлоги

Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації вище висоти 3 м від підлоги наведена на рисунку 68.

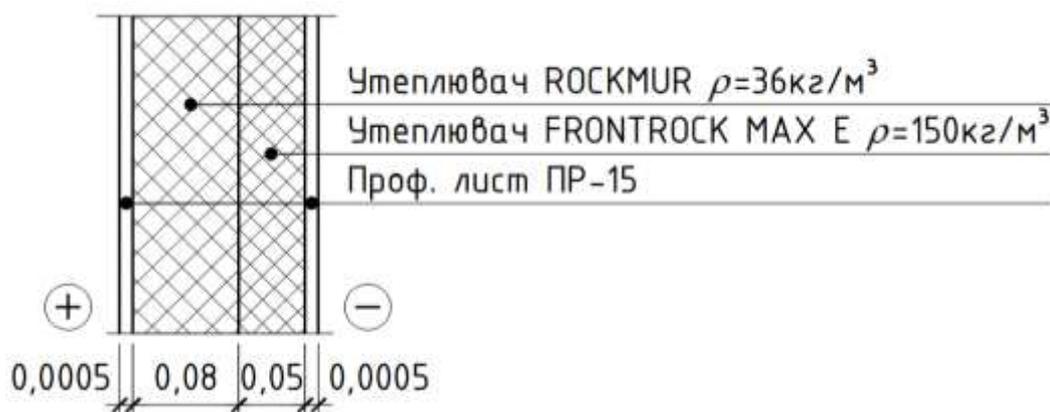


Рисунок 68 – Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації вище висоти 3 м від підлоги

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі наведена на рисунку 8.

Знаходимо приведений опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороженя за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma 1}} + \frac{F_2}{R_{\Sigma 2}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3}$$

$$= \frac{28,79}{\frac{15,294}{3,807} + \frac{13,5}{3,636} + 0,081 \times 1,18 + 0,059 \times 1,18 + 0,068 \times 8,4}$$

$$= 3,401 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огороженя,  $\text{м}^2$ , (рисунок 7) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 7,5 \times 4,5 - 1,18 \times 4,2 = 28,79 \text{ м}^2$$

де  $F_1, F_2$  – площа термічно однорідних частин огороженя, відповідно до 3 м від підлоги та вище,  $\text{м}^2$ , (рисунок 7) знаходимо за формулами:

$$F_1 = 4,5 \times 4,5 - 4,2 \times 1,18 = 15,294 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 4,5 \times 3 = 13,5 \text{ м}^2$$

$R_{\Sigma 1}, R_{\Sigma 2}$  – опір теплопередачі термічно однорідних частин конструкції відповідно до 3 м від підлоги та вище,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , знаходимо за формулами:

$$R_{\Sigma 1} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,12}{0,81} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,0005}{58} + \frac{0,05}{0,038} + \frac{1}{23} = 3,809 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$R_{\Sigma 2} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,0005}{58} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,0005}{58} + \frac{0,05}{0,038} + \frac{1}{23} = 3,636 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$  – товщина відповідно вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача ROCKMUR, профільованого листа, утеплювача FRONTROCK MAX E, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,12 \text{ м}; \delta_3 = 0,08 \text{ м}; \delta_4 = 0,0005 \text{ м}; \delta_5 = 0,05 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$  – теплопровідність вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача ROCKMUR, профільованого листа, утеплювача FRONTROCK MAX E, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [75];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{3p} = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{4p} = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{5p} = 0,038 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$k_1; k_2; k_3$ ; – лінійні коефіцієнти, Вт/(м · К), віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [75].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

$L_1; L_2; L_3$  – лінійні розміри теплопровідних включень, м, відповідно віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 1,18 \text{ м}; L_2 = 1,18 \text{ м}; L_3 = 8,4 \text{ м}$$

Так як  $R_{\Sigma пр} = 3,401 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості стіни після термомодернізації достатні.

#### 3.4. Зовнішня стіна (3-я черга будівництва).

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації наведена на рисунку 69.

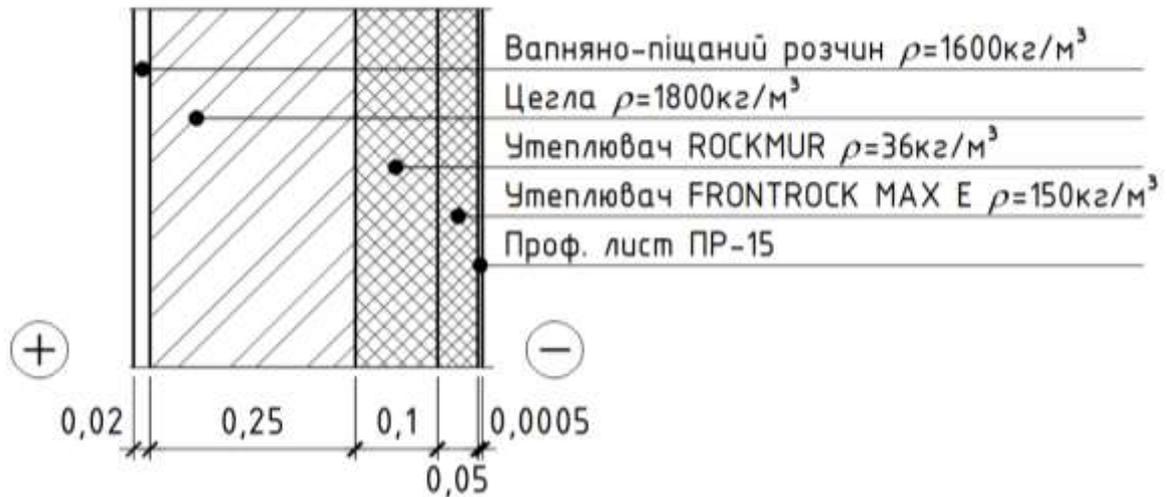


Рисунок 69 – Конструкція зовнішньої стіни після термомодернізації

Конфігурація розрахункової ділянки для визначення приведенного опору теплопередачі наведена на рисунку 10).

Знаходимо приведенний опір теплопередачі термічно неоднорідної непрозорої огороження за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{j=1}^m k_j L_j + \sum_{k=1}^K \Psi_k \cdot N_k} = \frac{F_{\Sigma}}{\frac{F_1}{R_{\Sigma}} + k_1 L_1 + k_2 L_2 + k_3 L_3} =$$

$$= \frac{6,827}{\frac{6,827}{4,51} + 0,081 \times 1,515 + 0,059 \times 1,515 + 0,068 \times 5} = 3,304 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $F_{\Sigma}$  – площа ділянки огороження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) знаходимо за формулою:

$$F_{\Sigma} = 3,6 \times 2,695 - 2,5 \times 1,15 = 6,827 \text{ м}^2$$

$F_1$  – площа однорідної частини огороження,  $\text{м}^2$ , (рисунок 2) дорівнює  $F_{\Sigma} = 6,827 \text{ м}^2$ .

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

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} + \frac{1}{\alpha_3} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,1}{0,037} + \frac{0,0005}{58} + \frac{0,05}{0,038} + \frac{1}{23} = 4,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$  – товщина вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача ROCKMUR, профільованого листа, утеплювача FRONTROCK MAX E, м;

$$\delta_1 = 0,02 \text{ м}; \delta_2 = 0,25 \text{ м}; \delta_3 = 0,1 \text{ м}; \delta_4 = 0,0005 \text{ м}; \delta_5 = 0,05 \text{ м}$$

$\lambda_{1p}, \lambda_{2p}, \lambda_{3p}, \lambda_{4p}, \lambda_{5p}$  – теплопровідність вапняно-піщаного розчину, цегли, утеплювача ROCKMUR, профільованого листа, утеплювача FRONTROCK MAX E, Вт/(м · К), приймаємо за табл. А1 [75];

$$\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{2p} = 0,81 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{3p} = 0,037 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{4p} = 58 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{5p} = 0,038 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

$k_1; k_2; k_3$ ; – лінійні коефіцієнти, Вт/(м · К), віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання, знаходимо за додатком Г [75].

$$k_1 = 0,081; k_2 = 0,059; k_3 = 0,068;$$

$L_1; L_2; L_3$  – лінійні розміри теплопровідних включень, м, віконного відкосу в зоні перемички, в зоні підвіконня, в зоні рядового примикання.

$$L_1 = 1,515 \text{ м}; L_2 = 1,515 \text{ м}; L_3 = 5 \text{ м}$$

Так як  $R_{\Sigma пр} = 3,304 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості стіни після термомодернізації достатні.

### 3.5. Горищне покриття (2-о поверховий корпус).

Додаткове утеплення покриття горища виконуємо ROCKMIN UA густиною  $\rho_0 = 26 \text{ кг/м}^3$ , теплопровідністю  $\lambda_{p4} = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ .

Переріз горищного покриття після термомодернізації наведена на рисунку 70.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64



Рисунок 70 – Конструкція горіщного перекриття після термомодернізації

За дод. А [2] знаходимо теплопровідність матеріалів огороження:

- вапняно-піщаний розчин  $\lambda_{1p} = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- дерево  $\lambda_{2p} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- повітряний прошарок
- дерево  $\lambda_{4p} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- глина  $\lambda_{5p} = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- додатковий утеплювач ROCKMIN UA  $\lambda_{6p} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Тепловий опір повітряного прошарку за додатком В [74] складає  $R_3 = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$

За табл. 3 [74] знаходимо мінімально-допустиме значення опору теплопередачі огороження

$$R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Знаходимо товщину додаткового утеплювача за формулою

$$\delta_6 = \lambda_{6p} \left( R_{q.min} - \frac{1}{\alpha_v} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} - \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} - \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} \right) =$$

$$= 0,039 \left( 4,95 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{12} - \frac{0,01}{0,81} - \frac{0,03}{0,18} - 0,14 - \frac{0,05}{0,18} - \frac{0,08}{0,6} \right) = 0,157 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_6 = 0,16 \text{ м}$  (два шари по 0,08 м).

Знаходимо опір теплопередачі горіщного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + R_3 + \frac{\delta_4}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_6}{\lambda_{5p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,03}{0,18} + 0,14 + \frac{0,05}{0,18} + \frac{0,08}{0,6} + \frac{0,16}{0,039} = 5,031 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 5,031 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахист горіщного перекриття після термомодернізації достатній.

### 3.6. Горіщне перекриття (3-и поверховий корпус).

Конструкція горіщного перекриття після термомодернізації наведена на рисунку 38.

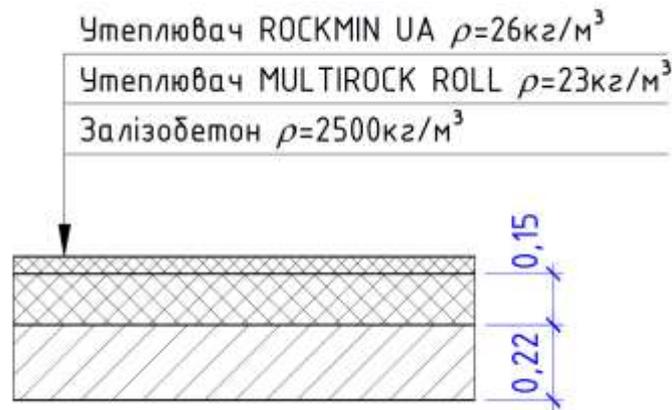


Рисунок 38 – Конструкція горіщного перекриття після термомодернізації

За дод. А [2] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огородження:

- залізобетон  $\lambda_{1p} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- утеплювач MULTIROCK ROLL  $\lambda_{2p} = 0,044 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- додатковий утеплювач ROCKMIN UA  $\lambda_{3p} = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Знаходимо товщину додаткового утеплювача за формулою

					2МБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$\delta_3 = \lambda_{3p} \left( R_{q.min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} \right) =$$

$$= 0,039 \left( 4,95 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{12} - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,15}{0,044} \right) = 0,048 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_3 = 0,05 \text{ м}$ .

Знаходимо опір теплопередачі горіщного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,15}{0,044} + \frac{0,05}{0,039}$$

$$= 4,997 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 4,997 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості горіщного перекриття після термомодернізації достатні.

### 3.7. Горіщне перекриття (спортивний зал).

Горіщне перекриття після термомодернізації показано на рисунку 39.

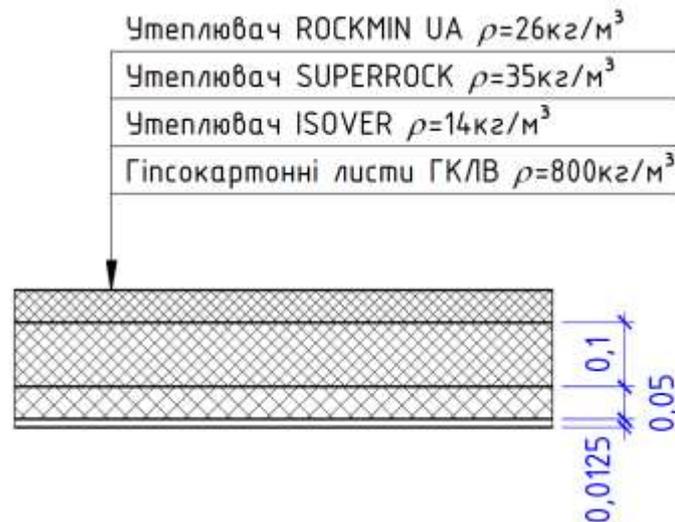


Рисунок 39 – Конструкція горіщного перекриття після термомодернізації

За дод. А [75] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огороження:

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

- гіпсокартонні листи ГКЛВ  $\lambda_{1p} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- утеплювач ISOVER  $\lambda_{2p} = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- утеплювач SUPERROCK  $\lambda_{3p} = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$
- додатковий утеплювач ROCKMIN UA  $\lambda_{4p} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Знаходимо товщину додаткового утеплювача за формулою

$$\delta_4 = \lambda_{4p} \left( R_{q.min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} - \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} \right) =$$

$$= 0,039 \left( 4,95 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{12} - \frac{0,0125}{0,21} - \frac{0,05}{0,037} - \frac{0,1}{0,035} \right) = 0,019 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_4 = 0,05 \text{ м}$  (мінімальна, що виробляється).

Знаходимо опір теплопередачі горищного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,05}{0,037} + \frac{0,1}{0,035} + \frac{0,05}{0,039} = 5,748 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 5,748 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} < R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  то теплозахисні властивості горищного перекриття після термомодернізації достатні.

### 3.8. Горищне перекриття (3-а черга будівництва).

Горищне перекриття після термомодернізації показане на рисунку 40.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

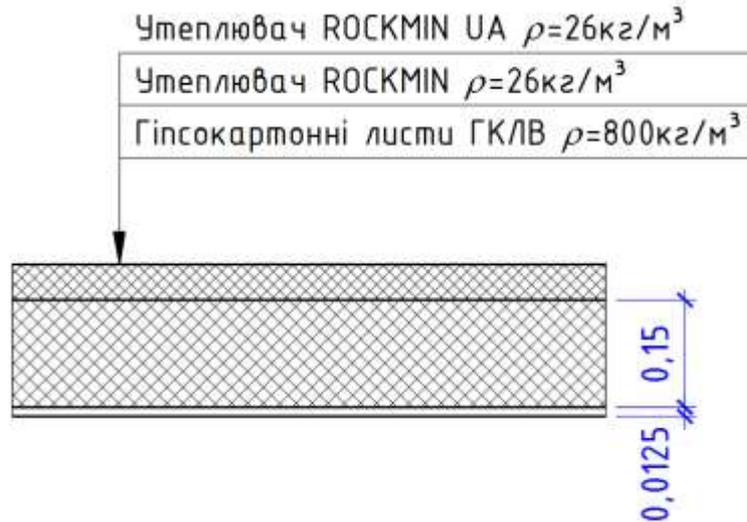


Рисунок 40 – Конструкція горищного перекриття після термомодернізації

За дод. А [75] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огороження:

- гіпсокартонні листи ГКЛВ  $\lambda_{1p} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;
- утеплювач ROCKMIN  $\lambda_{2p} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;
- додатковий утеплювач ROCKMIN UA  $\lambda_{3p} = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Знаходимо товщину додаткового утеплювача за формулою

$$\delta_4 = \lambda_{3p} \left( R_{q.min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} \right) =$$

$$= 0,039 \left( 4,95 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{12} - \frac{0,0125}{0,21} - \frac{0,15}{0,039} \right) = 0,033 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_4 = 0,05 \text{ м}$  (мінімальна, що виробляється).

Знаходимо опір теплопередачі горищного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,0125}{0,21} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,05}{0,039} = 5,386 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Так як  $R_z = 5,386 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості горищного перекриття після термомодернізації достатні.

### 3.9. Суміщене покриття (вестибюльна група між 2-го та 3-го поверховими корпусами).

Конструкція суміщеного покриття після термомодернізації наведена на рисунку 41.

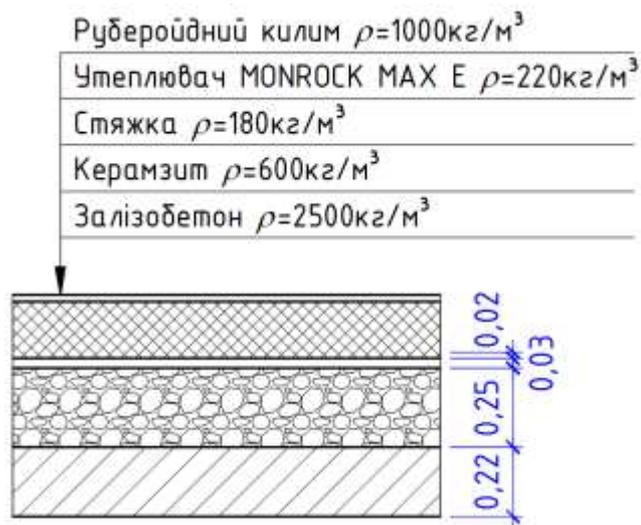


Рисунок 41 – Конструкція суміщеного покриття після термомодернізації

За дод. А [75] знаходимо розрахункову теплопровідність матеріалів шарів огороження:

- залізобетон  $\lambda_{1p} = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- керамзит  $\lambda_{2p} = 0,23 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- цементно-піщаний розчин  $\lambda_{3p} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- руберойдний килим  $\lambda_{4p} = 0,17 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;
- додатковий утеплювач MONROCK MAX E  $\lambda_{5p} = 0,038 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

За табл. 3 [74] знаходимо мінімально-допустиме значення опору теплопередачі огороження

$$R_{q.min} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Знаходимо товщину додаткового утеплювача за формулою

$$\delta_4 = \lambda_{5p} \left( R_{q.min} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_3} - \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} - \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} - \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} - \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} \right) =$$

$$= 0,038 \left( 6 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{12} - \frac{0,22}{2,04} - \frac{0,25}{0,23} - \frac{0,03}{0,93} - \frac{0,02}{0,17} \right) = 0,169 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача  $\delta_4 = 0,18 \text{ м}$  (мінімальна, що виробляється).

Знаходимо опір теплопередачі горіщного перекриття за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4p}} + \frac{\delta_5}{\lambda_{5p}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{12} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,25}{0,23} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,17} + \frac{0,18}{0,038} = 6,28 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Так як  $R_{\Sigma} = 6,28 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості покриття після термомодернізації достатні.

Підсумкові результати дослідження теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій наведені у таблиці 1

Таблиця 1

Підсумкові результати дослідження теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій

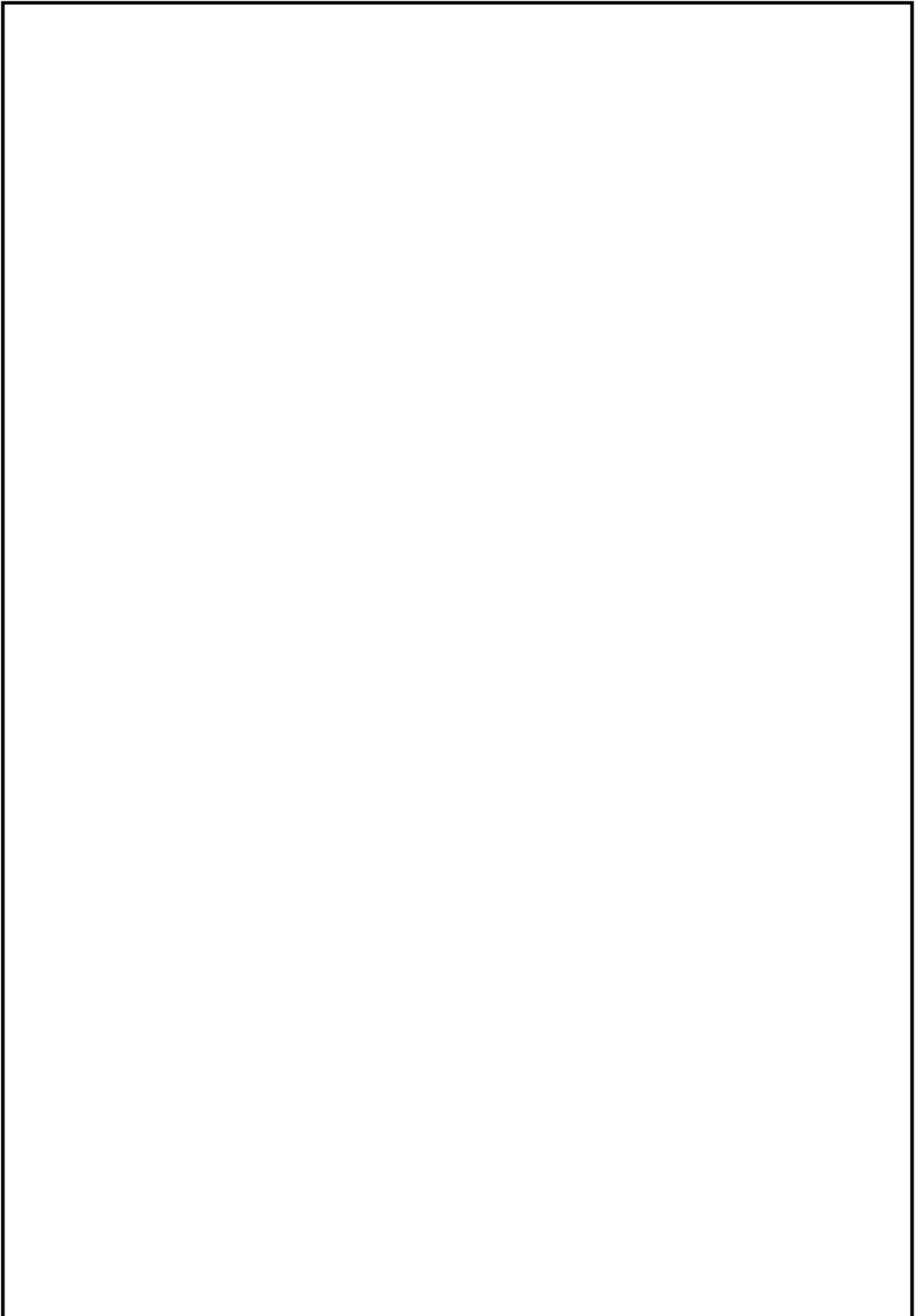
					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

№	Огороджувальна конструкція	Нормований опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Опір теплопередачі існуючих огорожувальних конструкцій, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Додатковий шар утеплення	Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій після теплового утеплення, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
1	Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус)	3,3	1,369	FRONTROCK MAX E $\rho_o = 150 \text{ кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,1\text{м}$	3,469
2	Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус)	3,3	0,795	FRONTROCK MAX E $\rho_o = 150 \text{ кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,13\text{м}$	3,39
3	Зовнішня стіна (спортивний зал)	3,3	2,269	FRONTROCK MAX E $\rho_o = 150 \text{ кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	3,401
4	Зовнішня стіна (3-я черга будівництва)	3,3	2,538	FRONTROCK MAX E $\rho_o = 150 \text{ кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	3,304
5	Горищне перекриття (2-о поверховий корпус)	4,95	0,928	ROCKMIN UA, $\rho_o = 26\text{кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,16\text{м}$	5,031
6	Горищне перекриття (3-и поверховий корпус)	4,95	3,715	ROCKMIN UA, $\rho_o = 26\text{кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	4,997
7	Горищне перекриття (спортивний зал)	4,95	4,466	ROCKMIN UA, $\rho_o = 26\text{кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	5,748
8	Горищне перекриття (3-а черга будівництва)	4,95	4,104	ROCKMIN UA, $\rho_o = 26\text{кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	5,386
9	Суміщене покриття (вестибюльна група між 2-во та 3-и поверховими корпусами)	6	1,543	MONROCK MAX E, $\rho_o = 220\text{кг}/\text{м}^3$ , $\delta_{\text{ут}} = 0,18\text{м}$	6,28

### ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

1. Після термомодернізації зовнішні огорожувальні конструкції школи №24 відповідають нормам.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72



					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

## РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

В розділі 4 наведені результати досліджень по вдосконаленню теплозахисних властивостей вузла спирання металевих трубчастих ферм на металеву трубчасту колону, що розташована в середині приміщення. В дослідженнях використаний існуючий вузол з'єднання, що застосований в блоці допоміжних приміщень школи №24 міста Полтави. Виконані теоретичні дослідження існуючого варіанту утеплення вузла. Визначена величина температури на зовнішній поверхні металевої колони у місці її примикання до стели, яка при розрахунковій температурі зовнішнього повітря виявилася менше температури утворення конденсату (точки роси). Запропоновано вдосконалений варіант утеплення вузла з'єднання, що передбачає розташування утеплювача в середині колони. Наведений метод дозволяє підвищити температуру у місці примикання колони до стели вище точки роси. Виявлено оптимальне місце розташування утеплювача та його товщина.

В останній час у практиці громадського та промислового будівництва набули широкого застосування металеві несучі та огороджувальні конструкції. Так як метал має високу теплопровідність  $\lambda_p = 58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  то вузол з'єднання колони з фермою потребує утеплення. Без утеплення температура поверхні у верхній частині колони може знижуватися нижче точки роси, що приводить до корозії металевих елементів, зволоження утеплювача в покриття, як наслідок зменшення його теплозахисних властивостей та відшарування опоряджувального шару на стелі. Тобто не виконується вимога норм [1]  $T_{в\ min} > T_{min}$ . Утеплення вузлів з'єднання ферм та колон з кутиків та швелерів не є складною задачею, так як при їх утепленні металеві елементи знаходяться всередині утеплювача а їх площа перетину значно менша за площу утеплювача. При застосуванні трубчастих елементів утеплювач розташований тільки по зовнішній їх поверхні. Тепло з приміщення виходить на зовні як по металевим конструкціям так і по повітрю в середині трубчастих елементів. Так як повітря має значно більшу теплопровідність ніж утеплювач то теплозахисні властивості вузлів з трубчастих елементів гірші ніж при застосуванні кутиків та

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		74

швелерів. Тому вдосконалення вузлів з'єднання з трубчастих елементів є актуальною задачею.

#### 4.1. Вузол 1 (спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду)

В дослідженнях використовувався існуючий вузол з'єднання, що застосований в блоці допоміжних приміщень школи №24 міста Полтави. Розташування вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду наведено на рисунку 42.



Рисунок 42 – Розташування вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду

Конструкція вузла наведена на рисунку 43.

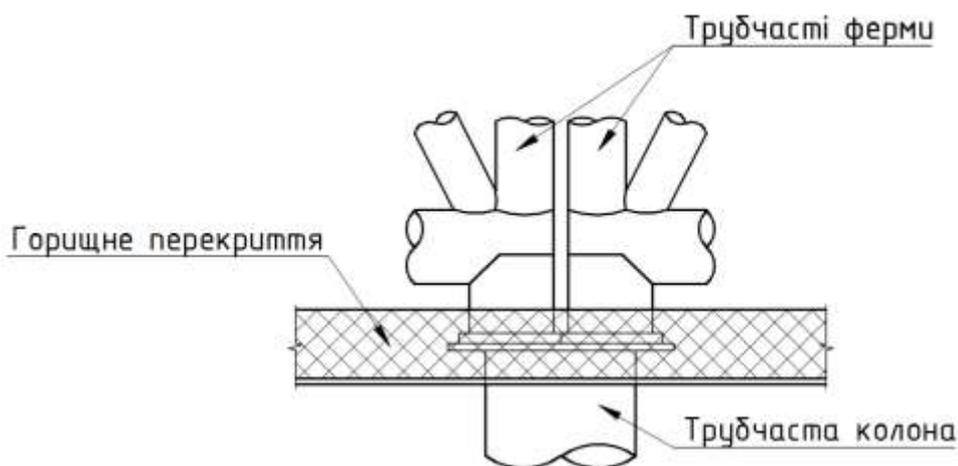


Рисунок 43 – Конструкція вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду

Існуюче утеплення елементів вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду наведені на рисунку 44.



Рисунок 44 – Існуюче утеплення елементів вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду

Утеплення елементів вузла з'єднання було виконано утеплювачем ROCKMIN, теплопровідністю  $\lambda_p = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  товщиною 30 мм. В конструкції горищного перекриття був застосований такий же утеплювач товщиною 150 мм, укладений по гіпсокартонним листам товщиною 16 мм по несучим елементам з оцинкованого профілю.

Визначення температури у місці примикання колони до стели виконувалося на основі розрахунку температурного поля. Температура внутрішнього повітря згідно з [74] була прийнята як для навчальних закладів рівною  $t_b = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температура горища, внаслідок незначного опору теплопередачі горищного покриття з профільованого настилу, приймалася рівною розрахунковій температурі зовнішнього повітря для I-ї температурної зони яка згідно з [74] дорівнює  $t_b = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ . Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля була прийнята до осі симетрії колони (рисунок 45).

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76

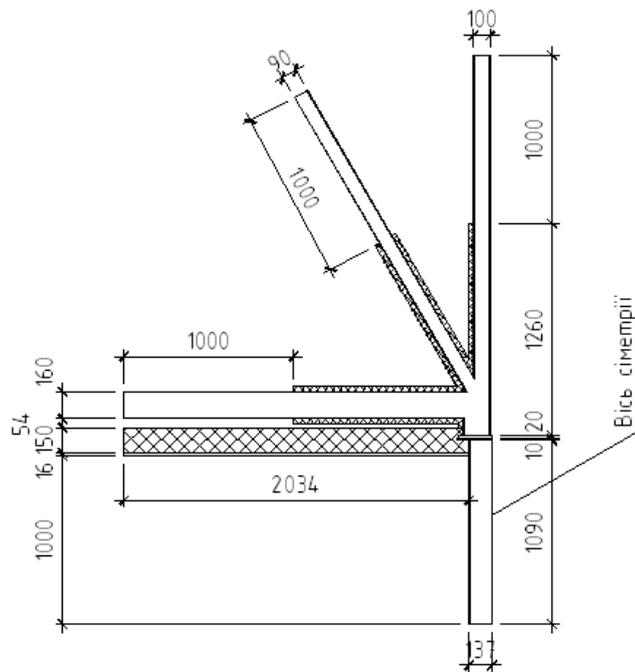


Рисунок 45 – Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля

Результати розрахунку температурного поля наведені на рисунку 46.

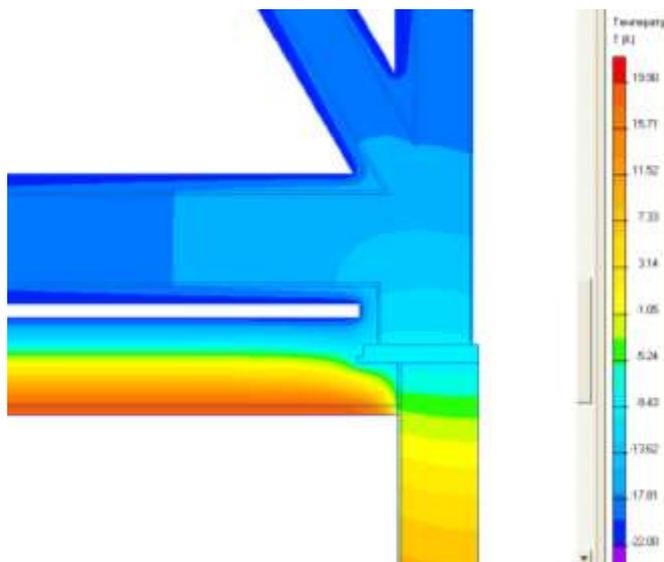


Рисунок 46 – Результати розрахунку температурного поля

Аналіз температурного поля показав, що температура у місці примикання колони до стели становить, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря,  $t_{в min} = -2,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Це менше температури точки роси, що при розрахункових параметрах внутрішнього повітря, складає  $t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Це приводить до конденсації

водяної пари на верхній частині колони, що є причиною відшаровування опоряджувального шару на стелі (рисунок 47).



Рисунок 47 – Відшаровування опоряджувального шару на стелі

Конденсації водяної пари приводить також до зволоження утеплювача горищного перекриття, та як наслідок зменшення його опору теплопередачі у місці розташування колони. Крім того значна різниця між температурою верху та низу колони приводить до значних її деформацій та утворення щілини між стіною та колоною (рисунок 48).

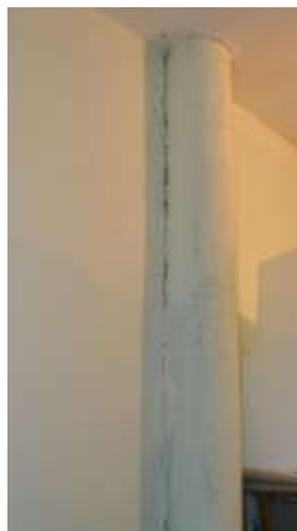


Рисунок 48 – Утворення щілини між стіною та колоною

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		78

З цього можна зробити висновок, що обгортання утеплювачем трубчастих елементів не суттєво підвищує теплозахисні властивості вузла з'єднання.

Такі низькі теплозахисні властивості вузла з'єднання пояснюються тим, що більша частина теплового потоку з приміщення проходить через вузол по повітрю всередині трубчастих елементів. Пояснюється це тим, що теплопровідність повітря в середині трубчастих елементів значно більша за утеплювач. Тепловий потік проходить по повітрю вздовж трубчастих елементів до ділянок ферми без утеплення та безперешкодно виходить ворище.

Крім того аналіз теплозахисних якостей орищного покриття показав, що його опір теплопередачі дорівнює  $R_{\Sigma} = 4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , що менше нормованого за [74] значення, яке дорівнює  $R_{q.min} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ . Пояснюється це тим, що будівля блоку допоміжних приміщень школи №24 міста Полтави була збудована в той час коли норми теплозахисту в країні були меншими.

У подальших дослідженнях товщина утеплювача на орищному перекритті була збільшена до 200 мм. В цьому випадку його опір теплопередачі склав  $R_{\Sigma} = 5,403 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , що більше нормованого значення.

Для приведення вузла з'єднання колони з фермою до норм теплопередачі наведених у [74] було запропоновано заповнювати утеплювачем внутрішню частину трубчастих елементів. Виконати це в елементах ферми важко. Більш доцільним є розташування утеплювача всередині трубчастої колони. Утеплювач розташований в середині трубчастої колони суттєво зменшує тепловий потік, що проходить по повітрю в середині трубчастих елементів.

Для визначення товщини та місця розташування утеплювача в середині колони були виконані відповідні дослідження.

**На першому етапі** досліджувалася зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею при товщині утеплювача в середині колони від 10 мм до 160 мм. Верх утеплювача співпадав з верхом колони. Утеплювач спирався на металеву пластини товщиною 5 мм, що розташовувалася всередині колони (рисунок 49).

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

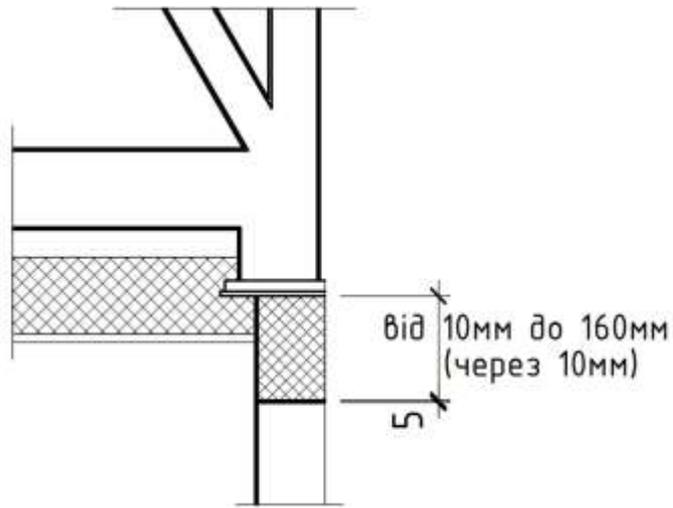


Рисунок 49 – Схема утеплення вузла з'єднання на першому етапі дослідження

Теплопровідність утеплювача була прийнята  $\lambda_p = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Результати дослідження наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею

№	Товщина утеплювача, мм	Температура, °C
1	2	3
1	10	0,3
2	20	1,1
3	30	1,7
4	40	2,5
5	50	3
6	60	3,6
7	70	4
8	80	4,5
9	90	4,8
10	100	5,2
11	110	5,4
12	120	5,6
13	130	5,8

1	2	3
14	140	5,8
15	150	5,3
16	160	4,8

Як видно з таблиці 2 максимальна температура в місці з'єднання колони зі стелею спостерігається при товщині утеплювача 130 мм. При подальшому збільшенні товщини утеплювача температура зменшується. Пояснюється це тим, що низ утеплювача ставав нижче стелі і цим зменшував тепловий потік, що надходив до точки з'єднання колони зі стелею, від повітря всередині колони.

Температурне поле кращого варіанту утеплення вузла з'єднання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчастій металевій колоні середнього ряду на першому етапі дослідження наведено на рисунку 50.

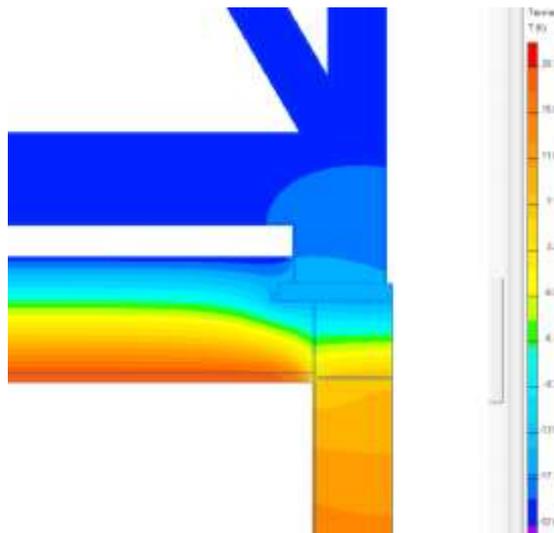


Рисунок 50 – Температурне поле кращого варіанту утеплення вузла з'єднання на першому етапі дослідження

**На другому етапі** досліджувалася зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею при збільшенні товщини утеплювача з відповідним збільшенням висоти колони. Низ утеплювач приймався на рівні стелі. Товщина утеплювача в середині колони приймалася від 130 мм до 180 мм (рисунок 51).

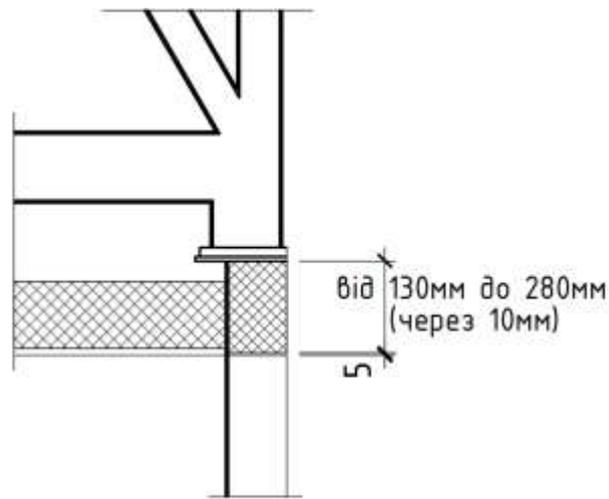


Рисунок 51 – Схема утеплення вузла з'єднання на другому етапі дослідження

Результати дослідження наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею

№	Товщина утеплювача, мм	Температура, °С
1	2	3
1	130	5,8
2	140	6,3
3	150	6,8
4	160	7,2
5	170	7,6
6	180	8
7	190	8,4
8	200	8,7
9	210	8,9
10	220	9,2
11	230	9,5
12	240	9,8
13	250	10
14	260	10,1
15	270	10,3
16	280	10,5

Як видно з таблиці 3 максимальна температура в місці з'єднання колони зі стелею стає більше температури точки роси ( $t_{min} = 10,3 \text{ °C} > t_p = 10,2 \text{ °C}$ ) при

товщині утеплювача в середині колони 270 мм. Третя вимога теплозахисту виконується.

Температурне поле кращого варіанту утеплення вузла з'єднання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчастій металевій колоні середнього ряду на другому етапі дослідження наведено на рисунку 52.

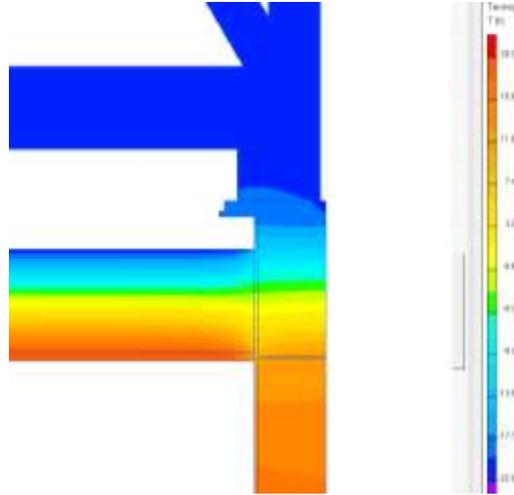


Рисунок 52 – Температурне поле кращого варіанту утеплення вузла з'єднання на другому етапі дослідження

На третьому етапі досліджувалася зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею при зменшенні висоти утеплювача з відповідним зменшенням висоти колони та застосуванням утеплювача навколо оголовка колони (від о верху колони до верху утеплювача). Товщина утеплювача в середині колони зменшувалася від 10 мм до 30 мм (рисунок 53).

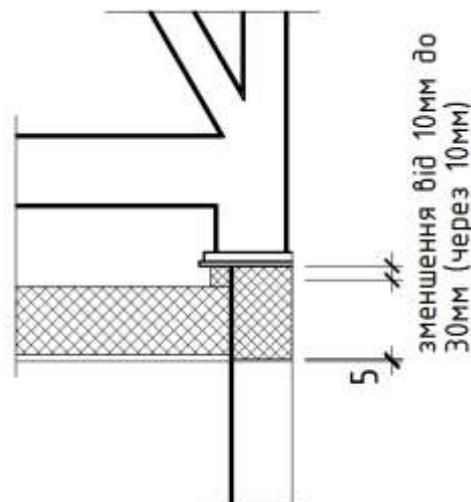


Рисунок 53 – Схема утеплення вузла з'єднання на третьому етапі дослідження

Оптимальний варіант визначався по мінімального об'єму утеплювача всередині колони та навколо оголовка колони.

Результати дослідження наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею

№	Товщина утеплювача, мм	Товщина утеплювача навколо колони, мм	Температура, °C	Об'єм утеплювача, м <sup>3</sup>		
				в середині колони	навколо оголовка колони	загальний
1	270	0	10,3	0,014661	0	0,014661
2	260	10	10,3	0,014118	0,0004806	0,0145986
3	250	60	10,1	0,013575	0,0027632	0,0163382

Як видно з таблиці 4 найменший загальний об'єм утеплювача спостерігається при зменшенні товщини утеплювача в середині колони на 10 мм та застосуванні утеплювача навколо оголовка колони товщиною 10 мм.

Температурне поле кращого варіанту утеплення вузла з'єднання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчастій металевій колоні середнього ряду на третьому етапі дослідження наведено на рисунку 54.

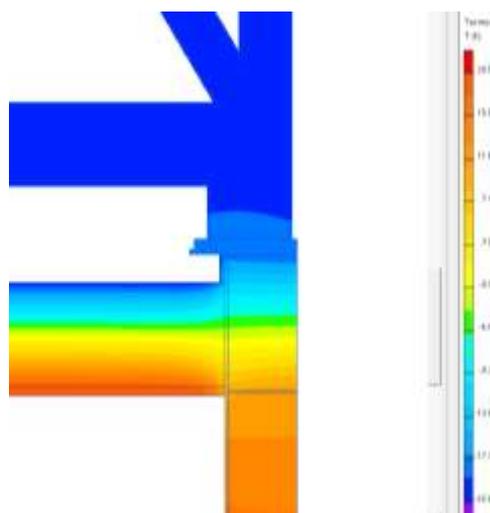


Рисунок 54 – Температурне поле кращого варіанту утеплення вузла з'єднання на третьому етапі дослідження

Схема оптимального варіанту утеплення вузла з'єднання наведена на рис. 55.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84

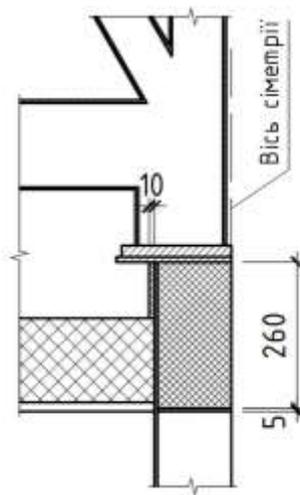


Рисунок 55 – Схема оптимального варіанту утеплення вузла з'єднання трубчастих ферм та колони

Висновки:

1. Утеплення ззовні трубчастих металевих ферм та колон на дає суттєвого зниження теплового потоку, що проходить крізь вузол їх з'єднання. Пояснюється це тим, що тепло з приміщення виходить на зовні як по металевим конструкціям так і по повітрю в середині трубчастих елементів.

2. Низькі теплозахисні якості вузла з'єднання трубчастих елементів приводять до конденсації водяної пари на верхній частині колони, відшаровування опоряджувального шару на стелі, зволоженні утеплювача горищного перекриття.

3. Запропонований варіант розташування утеплювача всередині трубчастої колони дозволяє підвищити теплозахисні властивості вузла з'єднання до вимог норм теплозахисту. Зокрема підвищити температуру у місці примикання колони до стели вище точки роси.

4.2. Вузол 2 (спирання трикутної металеві трубночасті ферми на трубночасту металеву колону крайнього ряду)

В дослідженнях використовувався існуючий вузол з'єднання, що застосований в блоці допоміжних приміщень школи №24 міста Полтави. Розташування вузла спирання трикутної металеві трубночасті ферми на трубночасту металеву колону крайнього ряду наведено на рисунку 56.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		85

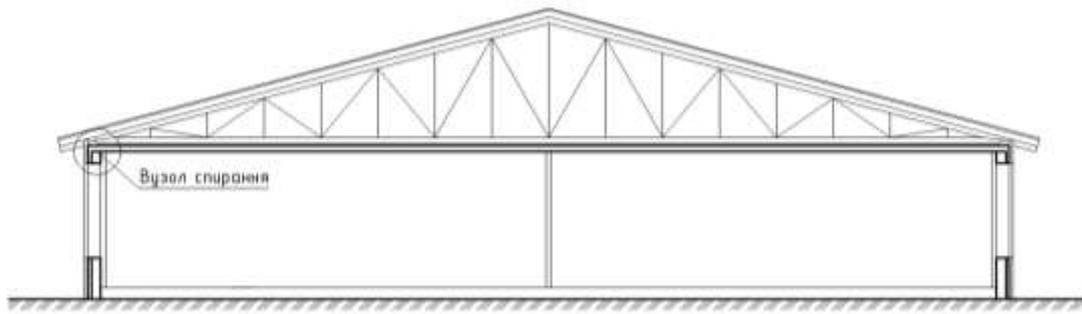


Рисунок 56 – Розташування вузла спирання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду

Конструкція вузла наведена на рисунку 57.

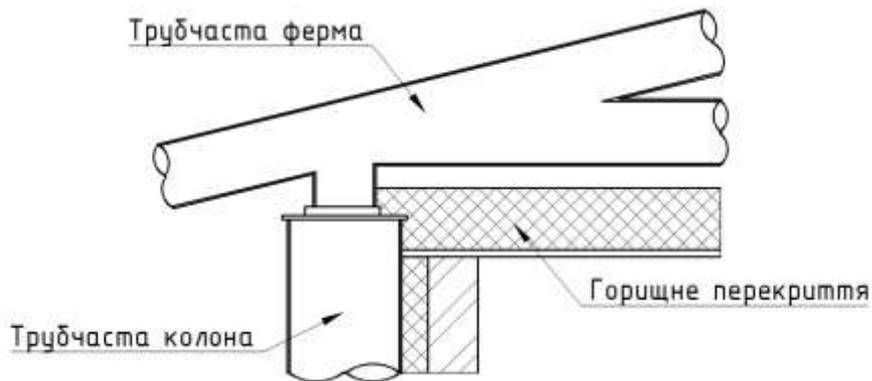


Рисунок 57 – Конструкція вузла спирання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду

Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля наведена на рисунку 58.

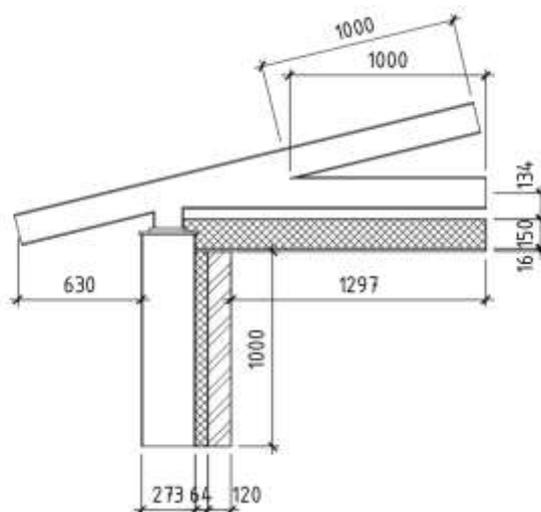


Рисунок 58 – Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

Результати розрахунку температурного поля наведені на рисунку 59.

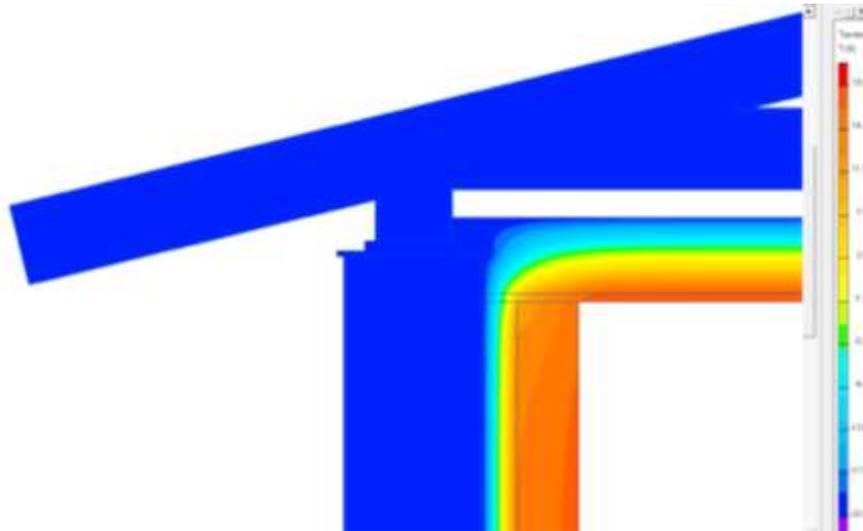


Рисунок 59 – Результати розрахунку температурного поля

На рисунку 60 наведений графік розподілу температури по внутрішній поверхні стіни та стелі у межах розрахункової схеми

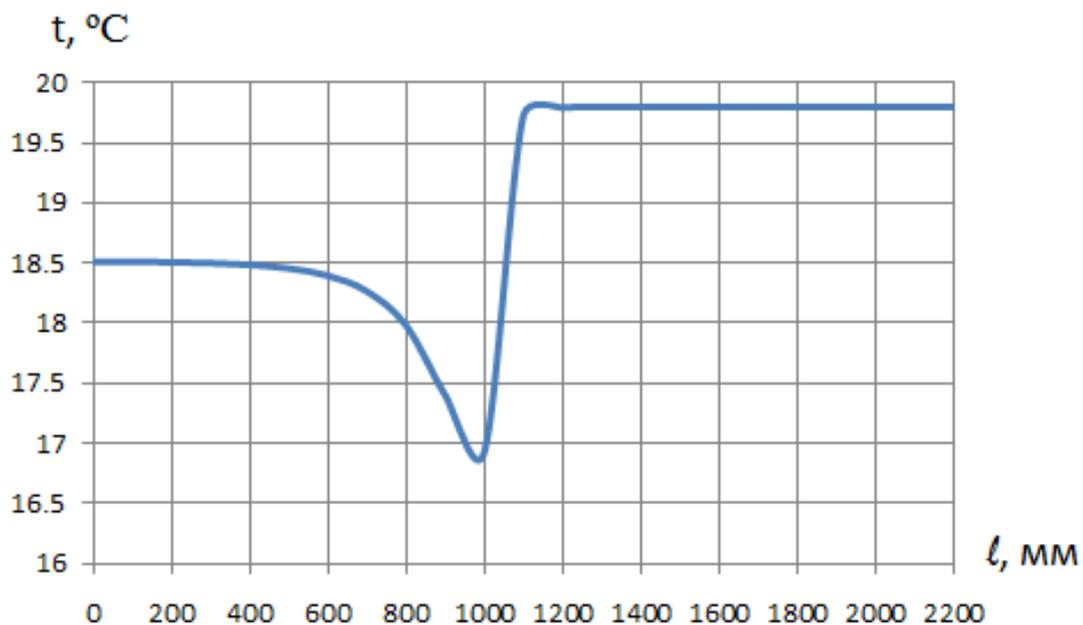


Рисунок 60 – Розподіл температури по внутрішній поверхні стіни та стелі у межах розрахункової схеми

Аналіз температурного поля показав, що температура у місці примикання колони до стелі становить, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря,  $t_{в min} = 16,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Це більше температури точки роси.

При існуючому стану утеплення третя вимога теплозахисту виконується.

#### 4.3. Вузол 3 (примикання вікна до перемичок)

В дослідженнях використовувався існуючий вузол примикання вікна до перемичок, що застосований в блоці допоміжних приміщень школи №24 міста Полтави. Розташування вузла наведено на рисунку 66.

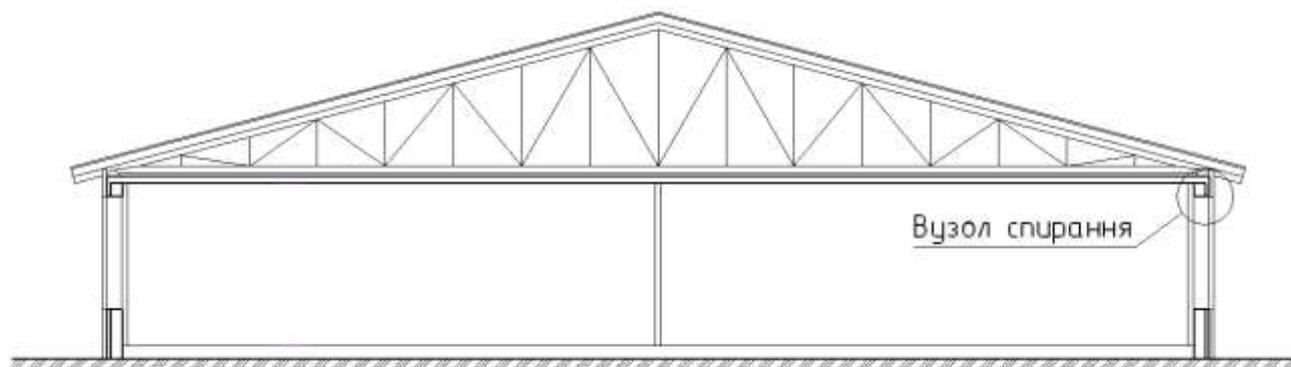


Рисунок 66 – Розташування вузла примикання вікна до перемичок

Розрахункова схема вузла до термомодернізації наведена на рисунку 67.

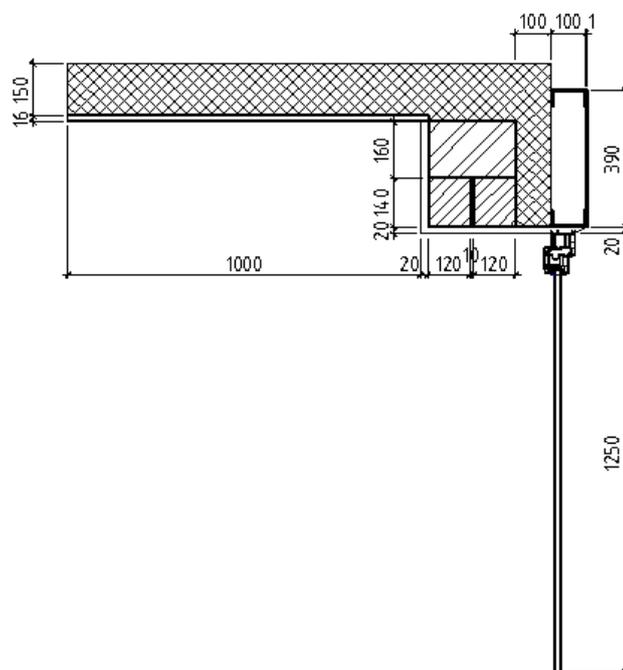


Рисунок 67 – Розрахункова схема вузла з'єднання до термомодернізації для розрахунку температурного поля

Температурне поле наведені на рисунку 68.

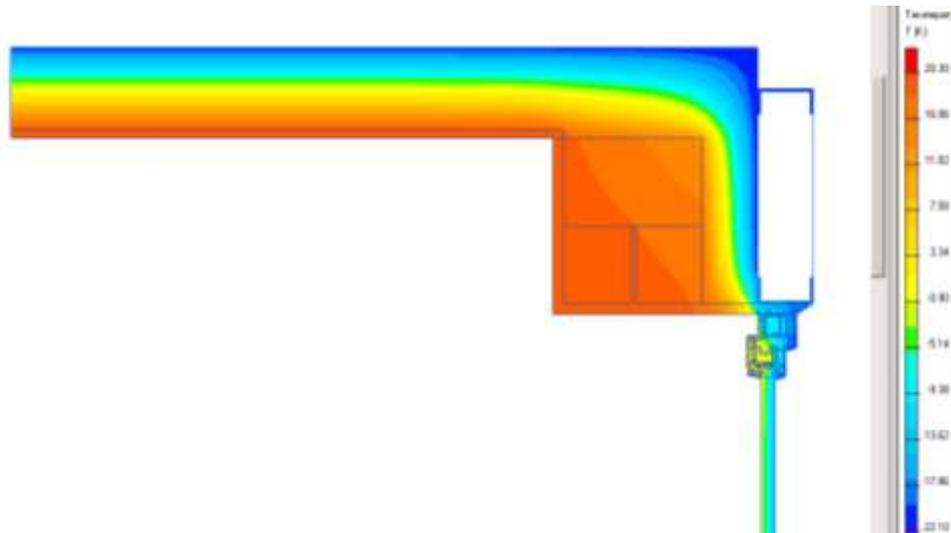


Рисунок 68 – Результати розрахунку температурного поля до термомодернізації

Аналіз температурного поля показав, що температура у місці примикання вікна до перемичок, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, складає  $t_{в\ min} = -3,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Це менше температури точки роси, що при розрахункових параметрах внутрішнього повітря, складає  $t_p = 10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Третя вимога теплозахисту не виконується.

Аналіз теплозахисних якостей горищного покриття показав, що його опір теплопередачі дорівнює  $R_{\Sigma} = 4,12\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , що менше нормованого за [74] значення, яке дорівнює  $R_{q.\min} = 4,95\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

У подальших дослідженнях товщина утеплювача на горищному перекритті була збільшена до 200 мм. В цьому випадку його опір теплопередачі склав  $R_{\Sigma} = 5,403\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , що більше нормованого значення.

Крім того аналіз теплозахисних якостей стінового огородження показав, що його опір теплопередачі дорівнює  $R_{\Sigma\text{пр}} = 2,538\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , що менше нормованого за [74] значення, яке дорівнює  $R_{q.\min} = 3,3\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

У подальших дослідженнях товщина утеплювача стіни була збільшена до 150 мм. В цьому випадку його опір теплопередачі склав  $R_{\Sigma\text{пр}} = 3,304\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , що більше нормованого значення.

Розрахункова схема вузла після термомодернізації наведена на рисунку 69.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		89

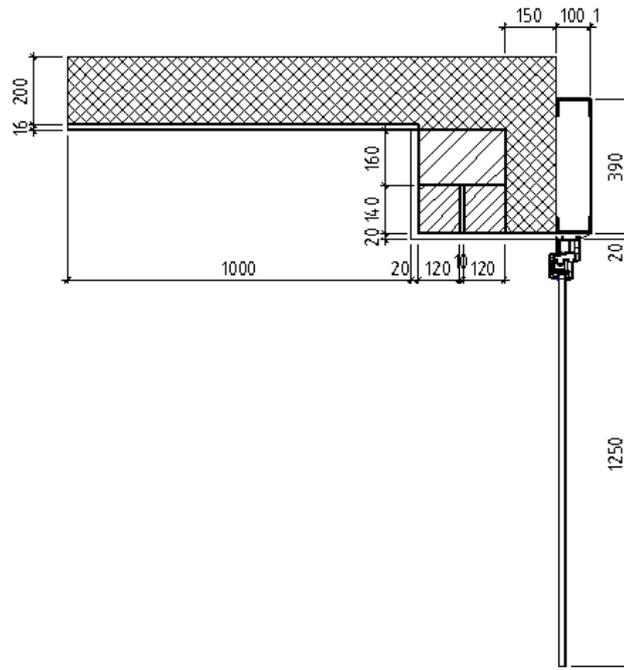


Рисунок 69 – Розрахункова схема вузла з'єднання після термомодернізації для розрахунку температурного поля

Результати розрахунку температурного поля наведені на рисунку 70.

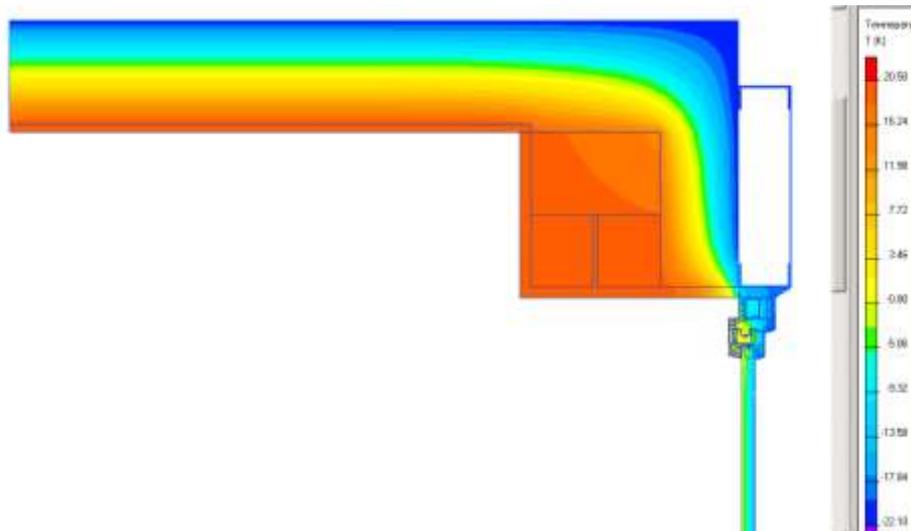


Рисунок 70 – Результати розрахунку температурного поля після термомодернізації

Аналіз температурного поля показав, що температура у місці примикання вікна до перемичок, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, складає  $t_{в min} = -3,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Це менше температури точки роси, що при розрахункових параметрах внутрішнього повітря, складає  $t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Третя вимога теплозахисту не виконується.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		90

Підвищення температури у місці примикання вікна до перемичок можливо декількома способами.

**Перший спосіб.** Розташування додаткового утеплювача над вікном у повітряному прошарку між утеплювачем та опоряджувальним шаром із профнастилу.

Схема додаткового утеплення наведена на рисунку 71.

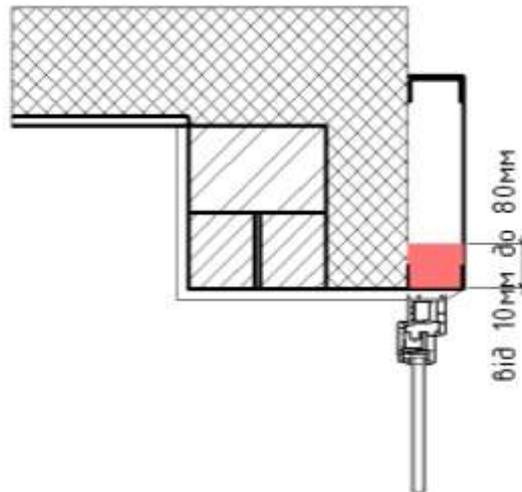


Рисунок 71 – Схема додаткового утеплення над вікном у повітряному прошарку між утеплювачем та опоряджувальним шаром із профнастилу

Результати розрахунку наведені у таблиці 5

Таблиця 5

Температура у місці з'єднання стіни та стелі

№	Товщина додаткового утеплення, мм	Температура у місці з'єднання стіни та стелі, °С
1	0	-3,8
2	10	-3
3	20	-2,6
4	30	-2,3
5	40	-2
6	50	-1,6
7	60	-1,5
8	70	-1,4
9	80	-1,3

Температурне поле по кращому варіанту (товщина утеплювача 60 мм) наведено на рисунку 72.

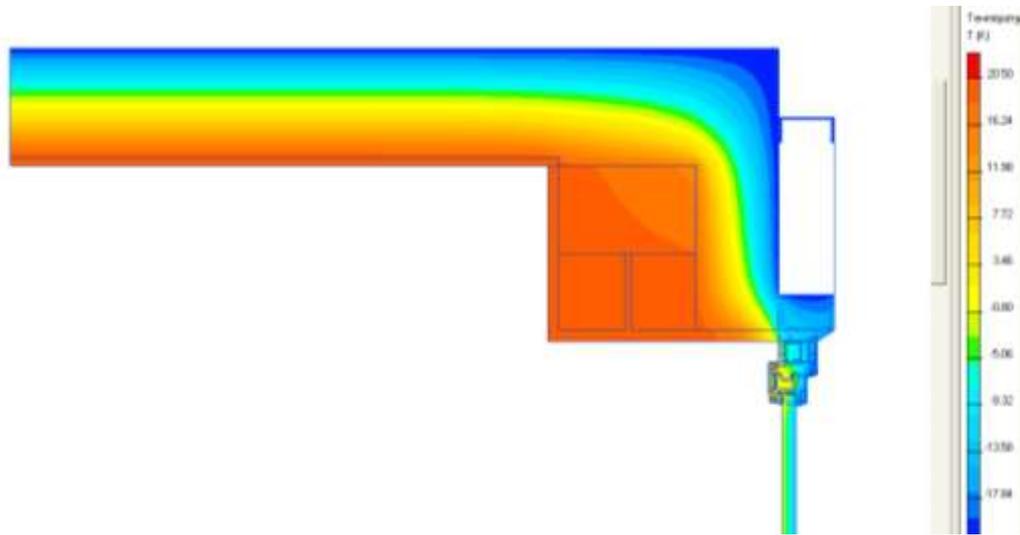


Рисунок 72 – Результати розрахунку температурного поля кращого варіанту

Графік зміни температури по внутрішній поверхні стелі у межах розрахункової схеми наведено на рисунку 73.

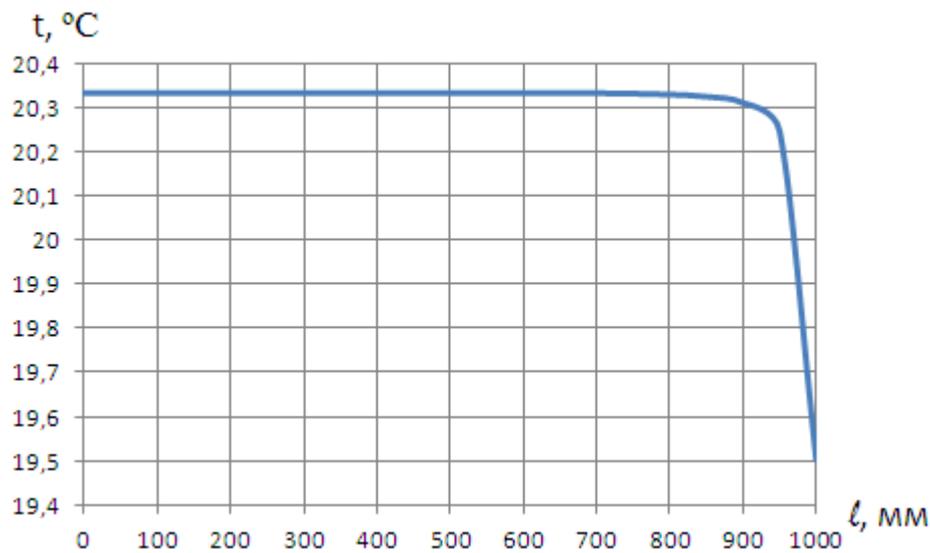


Рисунок 73 – Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі

Приведена температура внутрішньої поверхні стелі у межах розрахункової схеми складає  $t_{в пр} = 20,3$  °C.

Знаходимо перепад температур між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою зовнішньої поверхні стелі у межах розрахункової схеми за формулою

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - t_{в пр} = 21 - 20,3 = 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стіни наведено на рисунку 74.

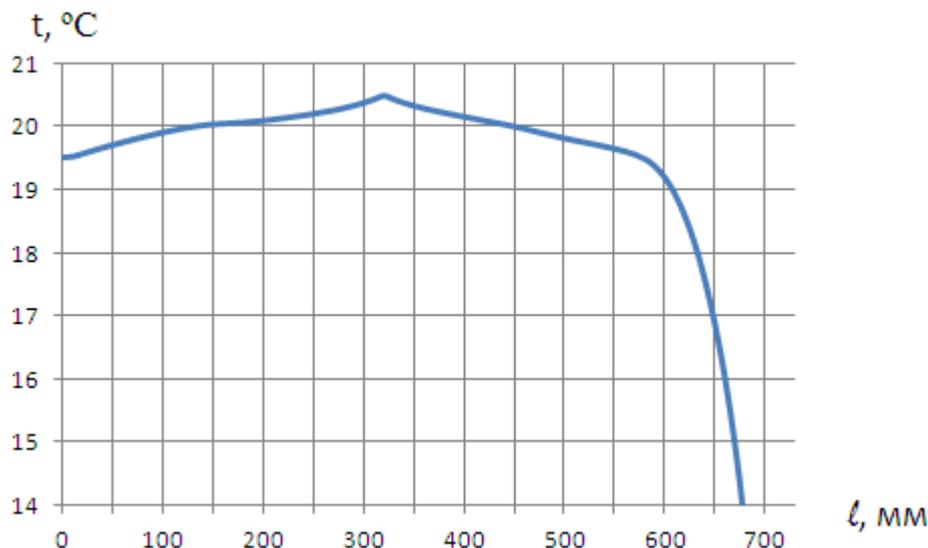


Рисунок 74 – Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стіни

Приведена температура внутрішньої поверхні стіни у межах розрахункової схеми складає  $t_{в пр} = 18,7$  °C.

Знаходимо перепад температур між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою зовнішньої поверхні стіни у межах розрахункової схеми за формулою

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - t_{в пр} = 21 - 18,7 = 1,3 \text{ °C}$$

Як видно з результатів розрахунку  $\Delta t_{пр}$  для стелі та стіни у межах розрахункової схеми менше нормованого значення рівного  $\Delta t_{пр} = 4$  °C. Тобто друга вимога теплозахисту виконується.

Підвищити температуру у місці примикання стіни до вікна вище точки роси  $t_p = 10,2$  °C не вдається. Тобто третя вимога теплоізоляції не виконується. Цей спосіб додаткового утеплення використати не можливо.

**Другий спосіб.** Розташування додаткового утеплювача з зовнішньої сторони рами вікна.

Схема додаткового утеплення наведена на рисунку 75.

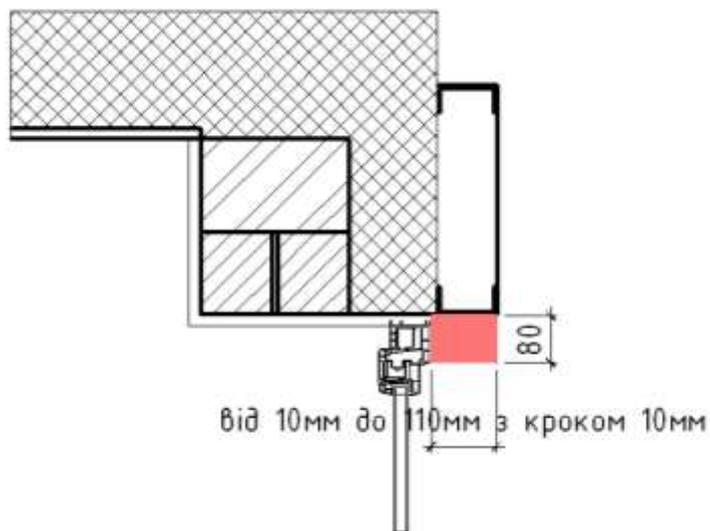


Рисунок 75 – Схема додаткового утеплення з зовнішньої сторони рами вікна

Результати розрахунку наведені у таблиці 6

Таблиця 6

Температура у місці з'єднання стіни та стелі

№	Товщина додаткового утеплення, мм	Температура у місці з'єднання стіни та стелі, °С
1	0	-7,8
2	10	-6,9
3	20	-5,7
4	30	-3,2
5	40	-0,2
6	50	2,4
7	60	4,4
8	70	5,9
9	80	7,3
10	90	8,6
11	100	10,2
12	110	12,6

Температурне поле по кращому варіанту (товщина утеплювача 110 мм) наведено на рисунку 76.

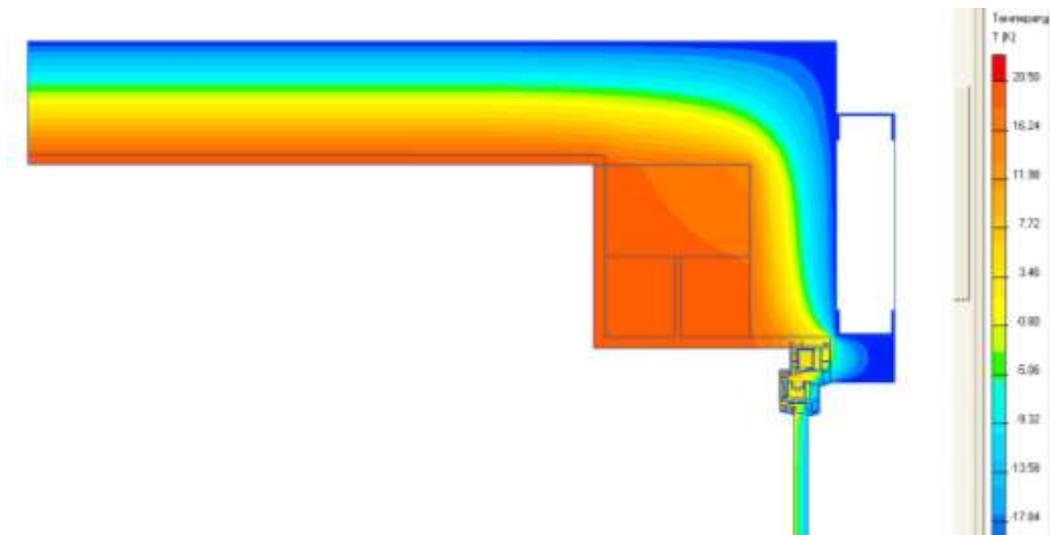


Рисунок 76 – Результати розрахунку температурного поля кращого варіанту

Графік зміни температури по внутрішній поверхні стелі у межах розрахункової схеми наведено на рисунку 77.

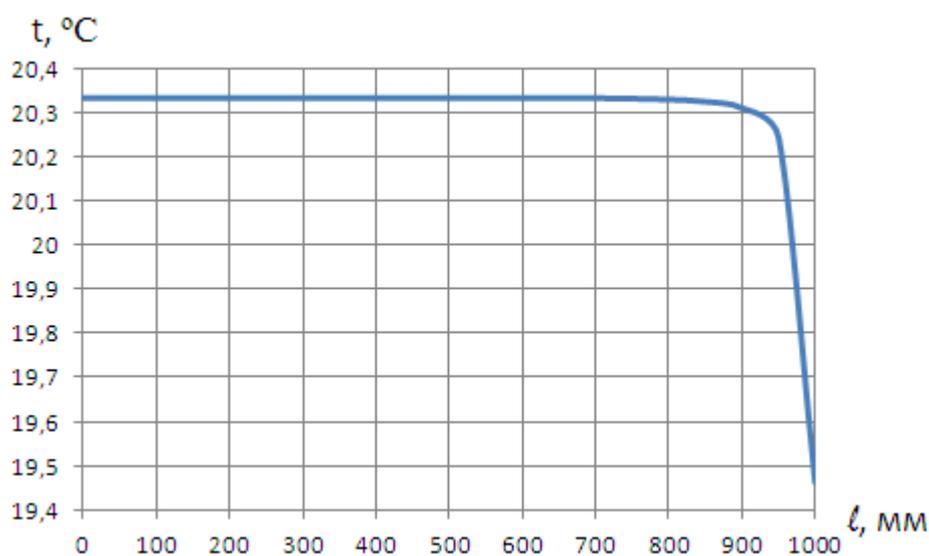


Рисунок 77 – Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі

Приведена температура внутрішньої поверхні стелі у межах розрахункової схеми складає  $t_{в пр} = 20,3$  °C.

Знаходимо перепад температур між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою зовнішньої поверхні стелі у межах розрахункової схеми за формулою

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - t_{в пр} = 21 - 20,3 = 0,7 \text{ °C}$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стіни наведено на рисунку 78.

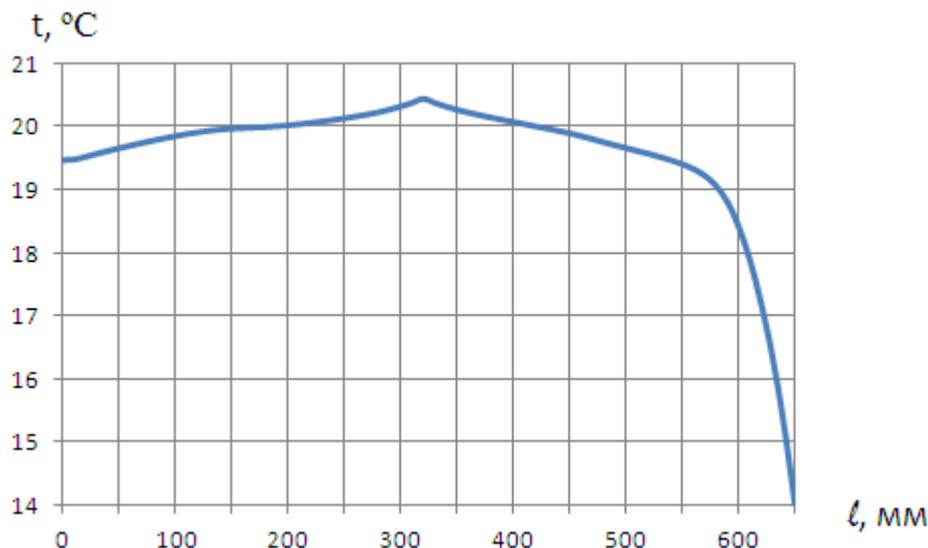


Рисунок 78 – Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стіни

Приведена температура внутрішньої поверхні стіни у межах розрахункової схеми складає  $t_{в пр} = 19,5$  °C.

Знаходимо перепад температур між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою зовнішньої поверхні стіни у межах розрахункової схеми за формулою

$$\Delta t_{пр} = t_{в} - t_{в пр} = 21 - 19,5 = 0,5 \text{ °C}$$

Як видно з результатів розрахунку  $\Delta t_{пр}$  для стелі та стіни у межах розрахункової схеми менше нормованого значення рівного  $\Delta t_{пр} = 4$  °C. Тобто друга вимога теплозахисту виконується.

Як видно з результатів розрахунку температура у місці примикання стелі до стіни при товщині додаткового утеплювача 110 мм складає  $t_{в min} = 12,6$  °C, що більше точки роси  $t_p = 10,2$  °C. Тобто третя вимога теплоізоляції виконується.

**Третій спосіб.** Зміщення вікна до внутрішньої поверхні стіни.

Схема зміщення вікна до внутрішньої поверхні стіни наведена на рисунку 79.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

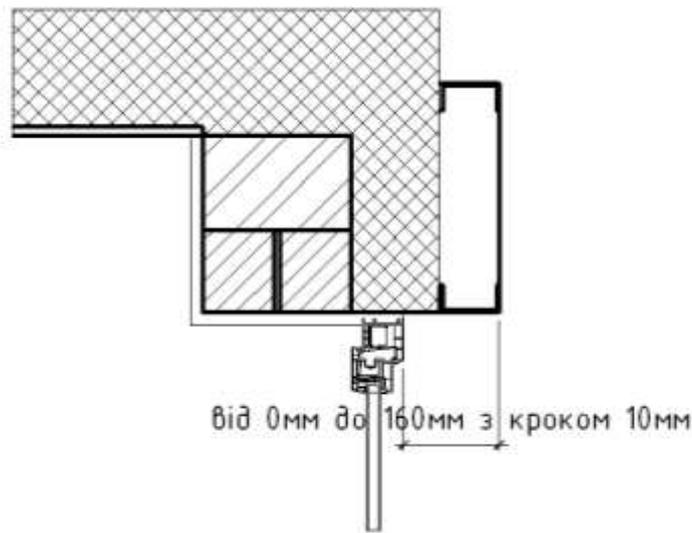


Рисунок 79 – Схема зміщення вікна до внутрішньої поверхні стіни

Результати розрахунку наведені у таблиці 7.

Таблиця 7

Температура у місці з'єднання стіни та стелі

№	Товщина додаткового утеплення, мм	Температура у місці з'єднання стіни та стелі, °С
1	0	-7,8
2	10	-7,4
3	20	-6,3
4	30	-3,9
5	40	-0,9
6	50	1,6
7	60	3,6
8	70	5,1
9	80	6,3
10	90	7,4
11	100	8,3
12	110	9
13	120	9,1
14	130	9,3
15	140	9,6

16	150	10
17	160	10,4

Температурне поле по кращому варіанту (зміщення вікна до внутрішньої поверхні на 160 мм) наведено на рисунку 80.

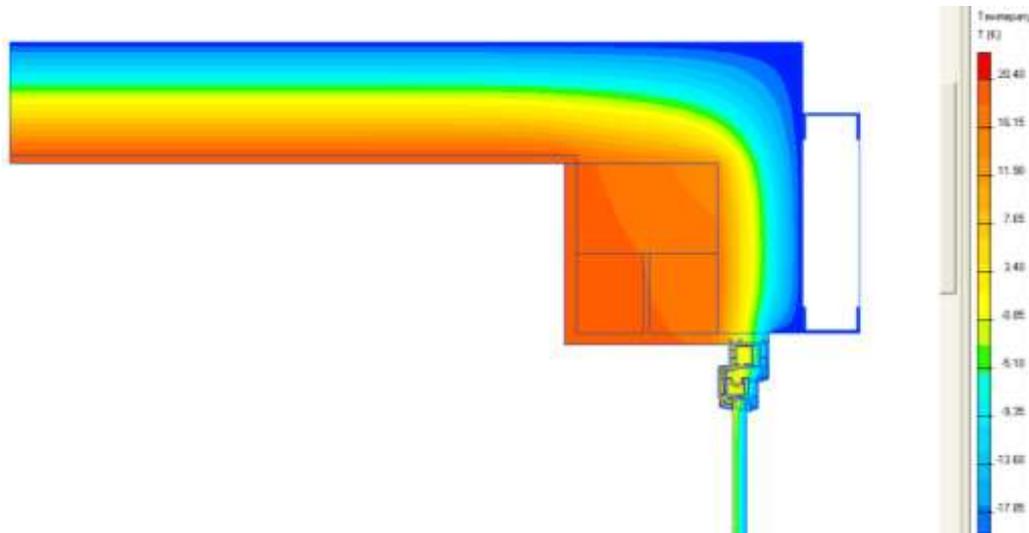


Рисунок 80 – Результати розрахунку температурного поля кращого варіанту

Графік зміни температури по внутрішній поверхні стелі у межах розрахункової схеми наведено на рисунку 81.

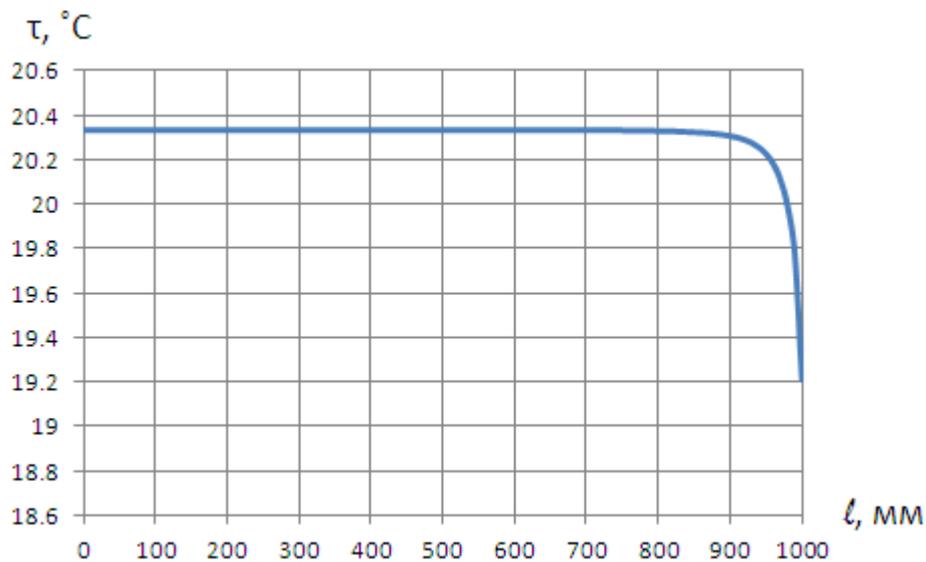


Рисунок 81 – Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі

Приведена температура внутрішньої поверхні стелі у межах розрахункової схеми складає  $t_{в пр} = 20,3$  °C.

Знаходимо перепад температур між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою зовнішньої поверхні стелі у межах розрахункової схеми за формулою

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - t_{\text{в пр}} = 21 - 20,3 = 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стіни наведено на рисунку 82.

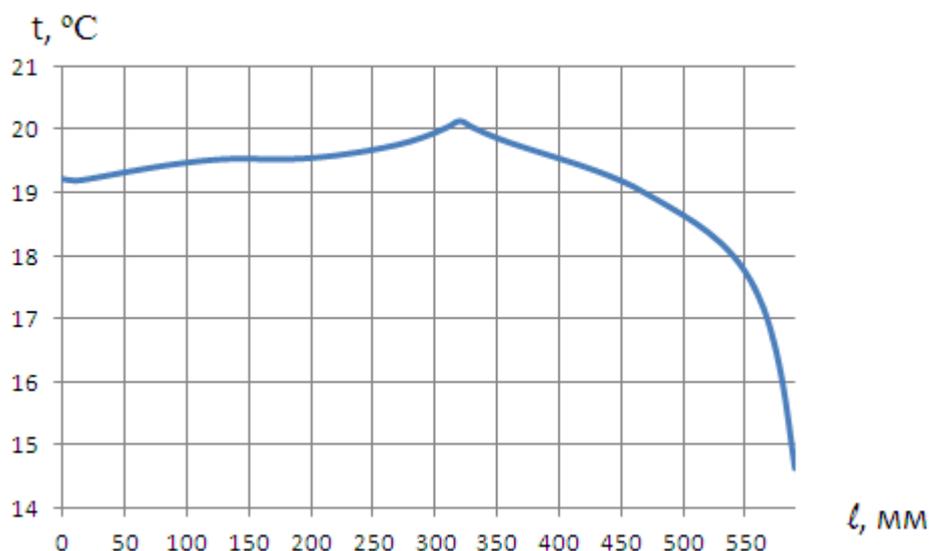


Рисунок 82 – Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стіни

Приведена температура внутрішньої поверхні стіни у межах розрахункової схеми складає  $t_{\text{в пр}} = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Знаходимо перепад температур між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою зовнішньої поверхні стіни у межах розрахункової схеми за формулою

$$\Delta t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} - t_{\text{в пр}} = 21 - 19 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Як видно з результатів розрахунку  $\Delta t_{\text{пр}}$  для стелі та стіни у межах розрахункової схеми менше нормованого значення рівного  $\Delta t_{\text{пр}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Тобто друга вимога теплозахисту виконується.

температура у місці примикання стіни до вікна при зміщенні вікна до внутрішньої поверхні на 160 мм складає  $t_{в\ min} = 10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що більше точки роси  $t_p = 10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Тобто третя вимога теплоізоляції виконується.

#### ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4

1. Утеплення ззовні трубчастих металевих ферм та колон на дає суттєвого зниження теплового потоку, що проходить крізь вузол їх з'єднання. Пояснюється це тим, що тепло з приміщення виходить на зовні як по металевим конструкціям так і по повітрю в середині трубчастих елементів.

2. Низькі теплозахисні якості вузла з'єднання трубчастих елементів приводять до конденсації водяної пари на верхній частині колони, відшаровування опоряджувального шару на стелі, зволоженні утеплювача горіщного перекриття.

3. Запропонований варіант розташування утеплювача всередині трубчастої колони дозволяє підвищити теплозахисні властивості вузла з'єднання до вимог норм теплозахисту. Зокрема підвищити температуру у місці примикання колони до стели вище точки роси.

4. У місці спирання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду, при існуючому стану утеплення, третя вимога теплозахисту виконується.

5. Оптимальним варіантом приведення вузла примикання вікна до перемичок, до норм теплозахисту є варіант зміщення вікна до внутрішньої поверхні на 160 мм, так як не потребує застосування додаткового утеплення.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В наш час недостатньо розроблені варіанти утеплення вузлів металевих конструкцій на основі трубчастих елементів.

2. Теплозахисні властивості існуючих огорожувальних конструкцій школи № 24 не відповідають нормам.

3. Після термомодернізації зовнішні огорожувальні конструкції школи №24 відповідають нормам.

4. Утеплення ззовні трубчастих металевих ферм та колон на дає суттєвого зниження теплового потоку, що проходить крізь вузол їх з'єднання. Пояснюється це тим, що тепло з приміщення виходить на зовні як по металевим конструкціям так і по повітрю в середині трубчастих елементів.

5. Низькі теплозахисні якості вузла з'єднання трубчастих елементів приводять до конденсації водяної пари на верхній частині колони, відшаровування опоряджувального шару на стелі, зволоженні утеплювача горіщного перекриття.

6. Запропонований варіант розташування утеплювача всередині трубчастої колони дозволяє підвищити теплозахисні властивості вузла з'єднання до вимог норм теплозахисту. Зокрема підвищити температуру у місці примикання колони до стели вище точки роси.

7. У місці спірання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду, при існуючому стану утеплення, третя вимога теплозахисту виконується.

8. Оптимальним варіантом приведення вузла примикання вікна до перемичок, до норм теплозахисту є варіант зміщення вікна до внутрішньої поверхні на 160 мм, так як не потребує застосування додаткового утеплення.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		101

## ЛІТЕРАТУРА

1. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. / Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.
2. Фаренюк Г.Г. Методические принципы оптимизации затрат на термореновацию зданий при их реконструкции. / Г.Г. Фаренюк. // Будівельні конструкції. – 2001. – Вып. 54. – С. 714 – 721.
3. Фаренюк Г.Г. Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій. / Г.Г. Фаренюк. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2007. – №25. – С. 109 – 113.
4. Фаренюк Г.Г. Экономические аспекты повышения уровня теплоизоляции стеновых ограждающих конструкций при реконструкции зданий. / Г.Г. Фаренюк, А.Б. Тимощенко. // Реконструкція житла. – 2007. – Вып.8. – С. 377 – 385.
5. Фаренюк Г.Г. Класифікація систем утеплення за експлуатаційними та конструктивними ознаками та порівняльний аналіз їх теплотехнічних властивостей. / Г.Г. Фаренюк. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2008. – № 1 (28). – С. 45 – 53.
6. Фаренюк Г.Г. Совершенствование принципов нормирования теплозащиты ограждающих конструкций зданий. / Г.Г. Фаренюк. // Оконные технологи. – 2000. – №4. – С. 62 – 64.
7. Фаренюк Г.Г. Удосконалення нормативної бази ефективних огорожувальних конструкцій. / Г.Г. Фаренюк, М.О. Трохименко. // Будівництво України. – 2003. – №8. – С. 32 – 35.
8. Фаренюк Г.Г. Теплоізоляція будівель в площині нової нормативно-технічної бази. / Г.Г. Фаренюк. // Нові технології в будівництві. – 2007. – №1 (13). – С. 15 – 20.
9. Фаренюк Г.Г. Нормативне забезпечення при застосуванні конструкцій фасадної теплоізоляції житлових та громадських будинків. / Г.Г. Фаренюк. // Будівництво України. – 2009. – № 1 – 2. – С. 12 – 16.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		102

10. Фаренюк Г.Г. Теплотехнические характеристики фасадных комбинированных систем. / Г.Г. Фаренюк, Е.Г. Фаренюк. // Оконные технологии. – 2001. – №6 – С. 35 – 45.

11. Фаренюк Г.Г. Характеристики теплоизоляции ограждающих конструкций. / Г.Г. Фаренюк, Е.Г. Фаренюк. // Оконные технологии. – 2003. – №12. – С. 53 – 59 68.

12. Фаренюк Г.Г. Методы определения расчетных величин теплофизических показателей строительных материалов. / Г.Г. Фаренюк. // Теплоізоляційні матеріали в будівництві. – 2004. – С. 59 – 64.

13. Фаренюк Г.Г. Методичні принципи визначення оптимального рівня теплоізоляції огорожувальних конструкцій будинків. / Г.Г. Фаренюк. // Будівництво України. – 2008. – №5. – С. 20 – 24.

14. Фаренюк Г.Г. Стани теплових відмов ізоляційної оболонки будинків та експериментальні методи їх визначення. / Г.Г. Фаренюк. // Реконструкція житла. – 2008. – Вип. 9. – С. 99 – 106.

15. Фаренюк Г.Г. Теплова надійність огорожувальних конструкцій та енергоефективність будинків при новому будівництві та реконструкції: Автореферат дисертації на здобуття доктора технічних наук: 05.23.01. – Полтава, 2010. – 36 с.

16. Фаренюк Г.Г. Метод посередньої оцінки показників теплової надійності огорожувальних конструкцій. / Г.Г. Фаренюк. // Реконструкція житла. – 2009. – Вип.11. – С. 187 – 192.

17. Фаренюк Г.Г. Імітаційний метод статичного моделювання теплової роботи конструкцій фасадної теплоізоляції. / Г.Г. Фаренюк, О.М. Соколов. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2009. – №1 (31). – С. 114 – 118.

18. Фаренюк Г.Г. Методологічні аспекти забезпечення енергоефективності та теплової надійності будинків. / Г.Г. Фаренюк. // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2009. – Вып. 50. – С. 593 – 597.

19. Фаренюк Г.Г. Учет неоднородности конструкций вентилируемых фасадов при определении приведенного сопротивления / Г. Г. Фаренюк, Г. С. Венжего // Реконструкція житла. - 2007. - Вип. 8. - С. 306-314.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		103

20. Фаренюк Г.Г. Новые государственные нормы "Тепловая изоляция зданий" по показателям энергоэффективности / Г. Г. Фаренюк, Ю. А. Матросов // Реконструкція житла. - 2008. - Вип. 9. - С. 20-31.

21. Фаренюк Г.Г. Наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів / Г. Г. Фаренюк // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. - 2010. - Вип. 14. - С. 52-60.

22. Фаренюк Г.Г. Особливості оціювання енергоефективності проектів житлових будинків / Г. Г. Фаренюк, Г. М. Агєєва // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. - 2010. - № 5. - С. 13-17.

23. Фаренюк Г.Г. Методичні основи розгляду показників енергоефективності будівель / Г. Г. Фаренюк // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. - 2013. - Вып. 69. - С.

24. Фаренюк Г.Г. Науково-методичні напрями вирішення проблеми енергоефективності будівель / Г. Г. Фаренюк, О. М. Федевич // Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 77. - С. 10-14.

25. Фаренюк Г.Г. Проблеми продовження ресурсу існуючих будівельних об'єктів / Г. Г. Фаренюк, П. І. Кривошеєв, О. С. Шинкіна // Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 78(1). - С. 53-59.

26. Фаренюк Г.Г. Структура та методичні положення нормативної бази з питань енергоефективності будівель / Г. Г. Фаренюк // Наука та будівництво. - 2017. - № 3. - С. 4-15.

27. Савицький М. В. Підвищення енергоефективності житлових будівель старої забудови / М. В. Савицький, Т. Ю. Шевченко, Є. Л. Юрченко, О. О. Коваль, О. І. Бондаренко, А. М. Зінкевич, О. А. Несін, М. М. Бабенко, В. Т. Шаленний, І. І. Перегинець // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. - 2009. - Вып. 50. - С. 492-498.

28. Савицький М. В. Екологічне та енергоефективне малоповерхове будівництво / М. В. Савицький, О. О. Коваль, Є. Л. Юрченко, М. М. Бабенко, А. С. Коваль //

Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Стародубовские чтения. - 2010. - Вып. 55. - С. 26-31.

29. Савицький М. В. Вплив вибору об'ємно-планувальних та конструктивних рішень малоповерхових будівель на їх теплові витрати / О. О. Коваль, М. В. Савицький, Є. Л. Юрченко, Ю. О. Луценко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. - 2011. - Вып. 60. - С. 94-99.

30. Савицький М. В. Енергоефективність малоповерхових будівель в залежності від їх об'ємно-планувальних, архітектурних та конструктивних особливостей / О. О. Коваль, М. В. Савицький, Є. Л. Юрченко, Т. А. Ковтун-Горбачова, Ю. О. Луценко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Стародубовские чтения. - 2011. - Вып. 58. - С. 395-400.

31. Савицький М. В. Систематизація та аналіз існуючих технологій зведення екологічних малоповерхових будинків з соломи / М. В. Савицький, М. М. Бабенко // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия : Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. - 2011. - Вып. 60. - С. 163-167.

32. Нікіфорова Т. Д. Удосконалення методики розрахунку і раціонального проектування термореновації великопанельних житлових будівель : Автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.01 / Т. Д. Нікіфорова; Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт. - Д., 2002. - 22 с. - укр.

33. Дешко В.І. Енергетична сертифікація будівель / А. В. Праховник, В. І. Дешко, О. М. Шевченко // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". - 2011. - № 1. - С. 140-153.

34. Дешко В.І. Структурний аналіз енергоспоживання й енергозбереження в галузі освіти / В. І. Дешко, О. М. Шевченко // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". - 2011. - № 6. - С. 139-147.

35. Дешко В.І. Методика оцінювання енергоефективності вищих навчальних закладів / О. М. Шевченко, В. І. Дешко // Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 77. - С. 103-106.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
						105
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Дешко В.І. Моделювання процесів повітрообміну у вентиляованих фасадах / В. І. Дешко, Є. О. Северин, П. В. Яновський // Будівельні конструкції. - 2013. - Вип. 77. - С. 208-212.

37. Дешко В.І. Вибір теплового захисту та джерела тепла із врахуванням комфортних умов у будівлі / В. І. Дешко, Н. А. Буяк, І. Ю. Білоус // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Технічні науки. - 2015. - № 5. - С. 71-80.

38. Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів примикань огорожень, що контактують з ґрунтом / Є. С. Колесник, О. М. Білоус // Будівельні конструкції. - 2014. - Вип. 80. - С. 11-16.

39. ROCKWOOL. Матеріали для проєктирования. Чертежи узлов. Наружные стены, стены подвала, покрытия, чердачные перекрытия, перегородки, ограждающие конструкции мансард и полы с теплоизоляцией из плит из каменной ваты ROCKWOOL.

<https://www.rockwool.ru/>

40. Рекомендації щодо проєктування теплоізоляції огорожувальних конструкцій житлових, громадських та промислових будинків на основі теплоізоляційних виробів корпорації Техноніколь. Матеріали для проєктування.

<http://teplo.tn.ua/upload/iblock/659/rekomendatsii.pdf>

41. KNAUF. Альбом робочих креслень.

<https://file.knauf.ua/>

42. PAROC. Енергоефективні та вогнестійкі теплоізоляційні рішення із мінеральної вати PAROC.

<http://paroc.kiev.ua/>

43. URSA. Архитектору и проектировщику

<https://www.ursa.ru/architecture/>

44. Pratt A.W., Boll E.F. The thermal resistanse of airspases in building structures. Journal of the Inst. Heating and Ventilating Engineers, 1966, № 8.

45. Gertis K. Beluftete Wandkonstruktionen. Thermodynamische, feuchtigkeitstechnische und stromungsmechanische. Berlin, 1972.

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		106

46. Zorzi P. Dalles minces prefabricées souples et béton précontraint pour revêtements de digues et de Canoux. 1963.
47. Billington N.S. Thermal properties of buildings. London Cleaver Hume Press Ltd, 1952.
48. Bock H. Warmedurchgang durch Ktihlraumwände bei periodisch schwankender Aussentemperatur.
49. Widal F. Modern in cold store desingn operation in France. I. Refrig, 1958, v. 1, № 4, pp. 100-101.
50. Kaltetechnik, Bd. 12 (1960), s. 330.
51. Institute Roorkee, India Indoor Climate prediction in the tropics Bulletin C.I. B., 1964, №4.
52. Xcess Infostor LTD. How to Start A Cold Storage or Warehouse, 2013, NY.
53. Stoecker and Jones, Refrigeration and Air Conditioning, Tata-McGraw Hill Publishers
54. Andrew D. Althouse, Carl H. Turnquist, Alfred F. Bracciano (2003). Modern Refrigeration and Air Conditioning (18th Edition ed.). Goodheart-Wilcox Publishing.
55. Shachtman, Tom (2000-12-12). Absolute Zero: And the Conquest of Cold. Mariner Books. p. 272.
56. Anderson, Oscar Edward (1953). Refrigeration in America; a history of a new technology and its impact. [Princeton]: Published for the University of Cincinnati by Princeton University Press. pp. 110–111.
57. Stelpflug, E. "The Food Industry and the Part That Refrigeration Plays in It". The Analysts Journal 6 (4): 37–39.
58. Stelpflug, E. "Effect of Modern Refrigeration on the Modern Supermarket". The Analysts Journal 10 (5): 63–64.
59. Perry, R.H. and Green, D.W. (1984). Perry's Chemical Engineers' Handbook (6th Edition ed.). McGraw Hill, Inc. ISBN ISBN 0-07-049479-7. (see pages 12-27 through 12-38)
60. Arora, Ramesh Chandra. "Mechanical vapour compression refrigeration". Refrigeration and Air Conditioning. New Delhi, India: PHI Learning. p. 3. ISBN 81-203-3915-0.

					2МБП. 10589142.ПЗ	Арк.
						107
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

61. Rees, Jonathan. Refrigeration Nation: A History of Ice, Appliances, and Enterprise in America (Johns Hopkins University Press; 2013) 256 pages
62. Bell, L.N., and Labuza, T.P. 2000. "Practical Aspects of Moisture Sorption Isotherm Measurement and Use". 2nd Edition AACC Egan Press, Egan, MN
63. Cleveland, Cutler J., and Christopher G. Morris. "Building envelope (HVAC)". Dictionary of Energy. Expanded Edition. Burlington: Elsevier, 2009. Print.
64. Straube, J.F. and Burnett, E.F.P., "Rain Control and Design Strategies". Journal Of Thermal Insulation and Building Envelopes, July 1999, pp. 41-56.
65. Edme H. Hardy, Astrid Zygari, Manfred D. Zeidler, Manfred Holz, Frank D. Sacher: Isotope effect on the translational and rotational motion in liquid water and ammonia. In: J. Chem Phys. 114, 2001, pp. 3174–3181
66. M. Holz, S. R. Heil, A. Sacco (2000). "Temperature- dependent self-diffusion coefficients of water and six selected molecular liquids for calibration in accurate  $^1\text{H}$  NMR PFG Measurements". Phys. Chem. Chem. Phys. 2 (20): pp. 4740–4742.
67. Heat of Vaporization of Water vs. Temperature. Xydatasource.com. Retrieved on 2011-11-22.
68. Fine, R.A. and Millero, F.J. (1973). "Compressibility of water as a function of temperature and pressure". Journal of Chemical Physics 59 (10): 5529.
69. Schlüter, Oliver (2003-07-28). Impact of High Pressure — Low Temperature Processes on Cellular Materials Related to Foods (PDF). Technischen Universität Berlin.
70. Leigh, G. J. et al. (1998). Principles of chemical nomenclature: a guide to IUPAC recommendations. Blackwell Science Ltd, UK
71. Guggenheim, E.A. (1985). Thermodynamics. An Advanced Treatment for Chemists and Physicists, seventh edition, North Holland, Amsterdam.
72. Lebon, G., Jou, D., Casas-Vázquez, J. (2008). Understanding Non-equilibrium Thermodynamics. Foundations, Applications, Frontiers, Springer, Berlin.
73. Glansdorff, P., Prigogine, I. (1971). Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations, Wiley-Interscience, London.
74. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Чинні від 2016-08-07]. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 30 с. (Національний стандарт України).

					2МБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		108

75. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013 – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 46 с.

76. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. ДСТУ ISO 10211- 2:2005. – [Чинний від 2008-03-01]. – К.: Держбуд України, 2008. – 12 с. – (Національний стандарт України).

					2мБП. 10589142.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		109

# Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава

## Актуальність теми.

Термомодернізація огорожувальних конструкцій будинків дозволяє значно знизити витрати енергії на опалення. Теплові вузли огорожувальних конструкцій є місцями найбільших втрат енергії.

Більшість житлових і громадських будинків в країні побудовано у 20-му сторіччі, вони мають опір теплопередачі менше нормованого, тому питання термомодернізації їх огорожувальних конструкцій та вдосконалення конструкції теплових вузлів є актуальним.

## Зв'язок роботи з науковими програмами

Тема магістерської роботи відповідає сучасним напрямкам науково-технічної політики держави з питань енергозбереження, визначеними такими основними документами: Законом України «Про енергозбереження»; Енергетичною стратегією України на період до 2030 року; указом «Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів».

**Метою роботи** є термомодернізація зовнішніх огорожувальних конструкцій школи №24 та удосконалення їх теплових вузлів.

## Задачі дослідження:

- виконати аналіз теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій школи №24 у м. Полтава;
- надати проектні пропозиції з термомодернізації огорожувальних конструкцій школи;
- вдосконалити теплові вузли зовнішніх огорожувальних конструкцій школи;

**Об'єкт дослідження:** зовнішні огорожувальні конструкції школи №24 у м. Полтава.

**Методи дослідження:** теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій, розрахунки температурних полів теплових вузлів огорожувальних конструкцій.

## Наукова новизна.

- надані проектні пропозиції з термомодернізації огорожувальних конструкцій школи №24;
- вдосконалені теплові вузли зовнішніх огорожувальних конструкцій школи

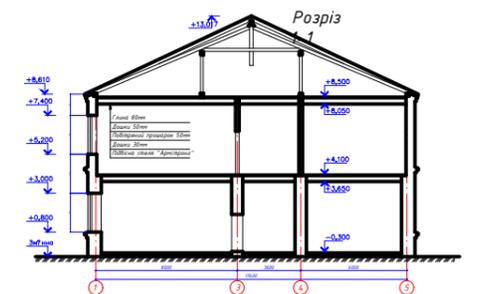
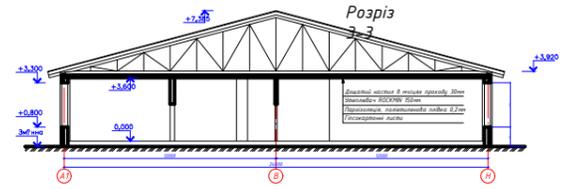
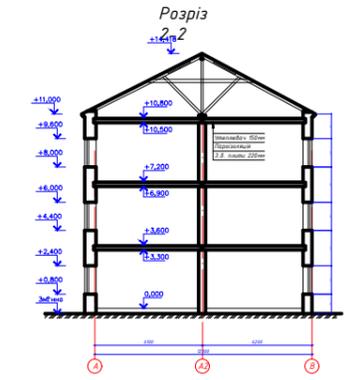
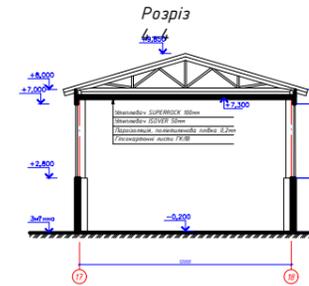
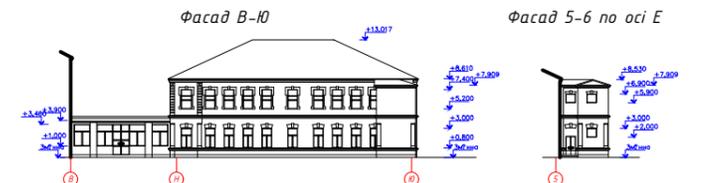
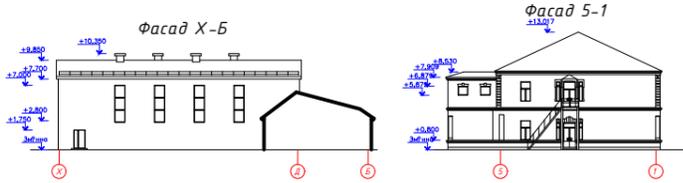
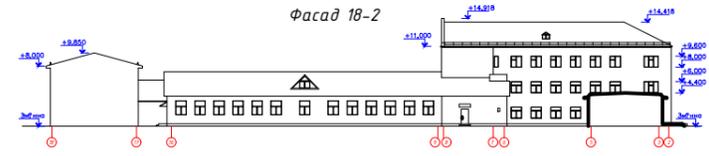
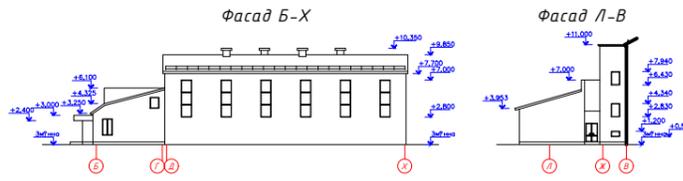
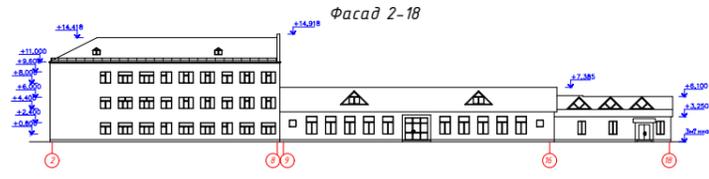
						2МБП. 10589142.ПЗ			
						Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Вступ.	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рева А.В.					МР	1	14
Керівник		Галінська Т.А.							
Консультант		Галінська Т.А.							
						Актуальність теми. Зв'язок роботи з науковими програмами. Мета роботи. Задчі дослідження. Об'єкт дослідження. Методи дослідження. Наукова новизна.			
Н.контроль		Галінська Т.А.				НУПП імені Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ			
Зав.кафедри		Семко О.В.							

# ТЕХНІЧНИЙ СТАН ФАСАДІВ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

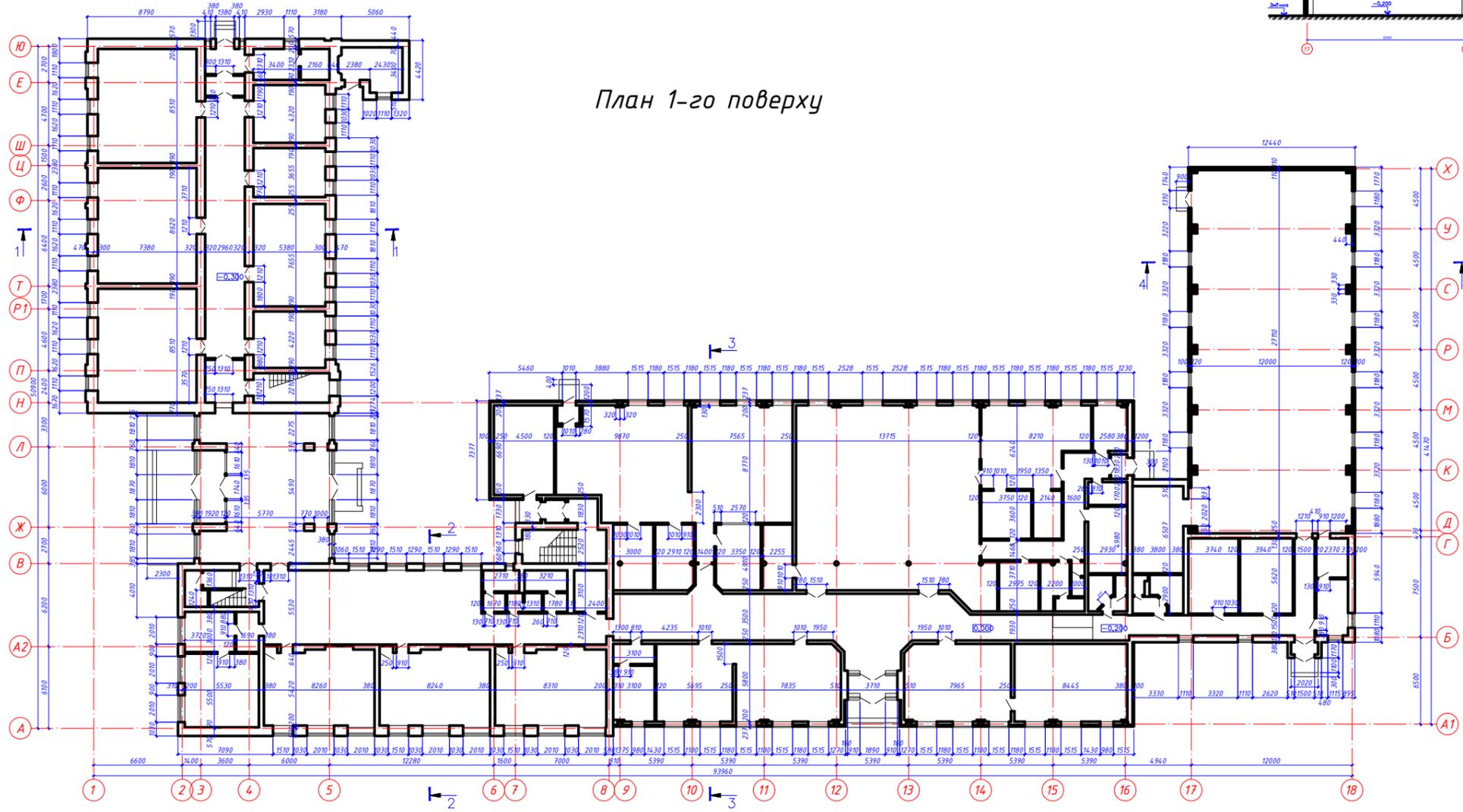


						2МБП. 10589142.ПЗ				
						Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава				
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	вступ		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рева А.В.						МР	2	
Керівник		Галінська Т.А.								
Консультант		Галінська Т.А.								
						Технічний стан фасадів школи №24.		НУПІ імені Юрія Кондратюка		
Н. контроль		Галінська Т.А.						Кафедра БтаЦ		
Зав. кафедрою		Семко О.В.								

# КРЕСЛЕННЯ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА



План 1-го поверху



Розріз 3-3 Розріз 1-1

					2МБП. 10589142.ПЗ			
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	вступ		
Розробив		Рева А.В.				Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Галіська Т.А.				МР	3	
Консультант		Галіська Т.А.				Архітектурно-будівельні креслення школи №24.		
Н.контроль		Галіська Т.А.				НУПІП імені Юрія Кондратюка		
Зав.кафедри		Семко О.В.				Кафедра БтЛЦ		

# РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

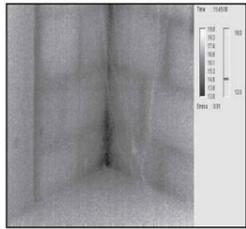
Фаренюк Г.Г.

Займався питаннями забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій [1].

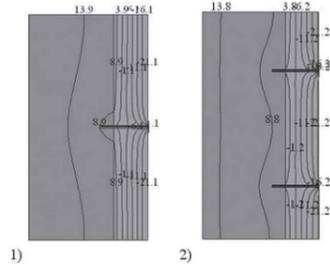
В [2] їм були розглянуті питання методичних принципів оптимізації витрат на термомодернізацію будівель при їх реконструкції.

Економічні аспекти підвищення рівня теплоізоляції стінових огорожувальних конструкцій при реконструкції будівель розглянуті в [4].

Стани теплових відмов ізоляційної оболонки будинків та експериментальні методи їх визначення [14].



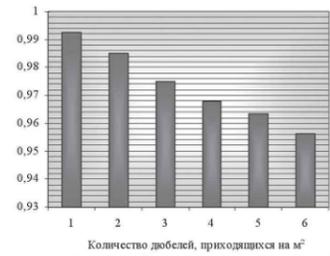
Тепловізійні термограми внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій з дефектами теплоізоляції



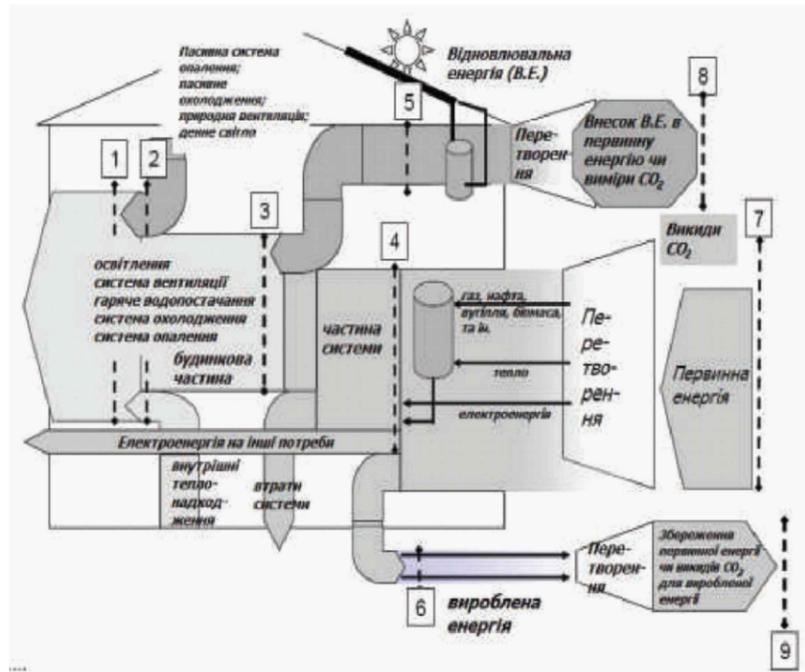
Температурні поля стіни в перегородці: 1) з одним добелем; 2) з двома добелями.



Стани теплових відмов в кутових зонах житлових квартир



Залежність коефіцієнта теплотехнічної однорідності від кількості добелів



Методична схема забезпечення енергоефективності будинку

Савицький М.В.

Займався питаннями підвищення енергоефективності житлових будівель старої забудови [27].

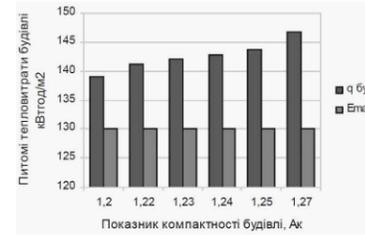
Екологічне та енергоефективне малоповерхове будівництво розглянуто у [28].

Вплив вибору об'ємно-планувальних та конструктивних рішень малоповерхових будівель на їх теплові витрати проаналізований в [29].

Систематизація та аналіз існуючих технологій зведення екологічних малоповерхових будинків з соломи виконаний у статті [31]



Надбудова з використанням оцинкованих сталевих термопрофілів

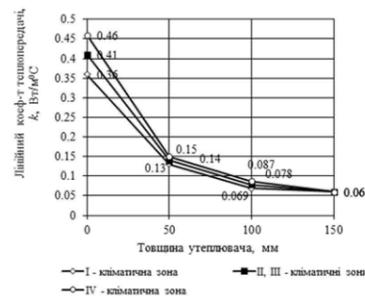


Залежність теплових витрат 1-поверхового будинку від показника компактності

Нікіфорова Т. Д.

Розробила удосконалену методику розрахунку і раціонального проектування термомодернізації великопанельних житлових будівель [32].

Удосконалено методику розрахунку теплоспоживання будівлями стосовно врахування теплових витрат через вузли захисних конструкцій. Установлено закономірності даних теплових витрат. Визначено техніко-економічну ефективність заходів щодо термомодернізації захисних конструкцій великопанельних житлових будівель залежно від кліматичних умов України.



Залежність лінійного коефіцієнта теплопередачі вузлового сполучення "стик стінової панелі із плитою перекриття" від товщини утеплювача при зовнішньому способі утеплення стін.

Колесник Є. С.

Визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів примикань огорожень, що контактують з ґрунтом наведено у [38].

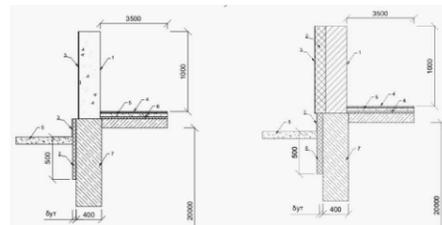


Схема розрахункових вузлів сполучень конструкцій, що контактують з ґрунтом: а) зовнішні стіни з блоків з відривного бетону; б) зовнішні стіни на основі конструкцій з фасадною теплоізоляцією

Дешко В.І.

В роботі [33] займався питаннями енергетичної сертифікації будівель.

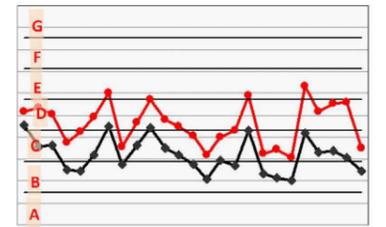
Структурний аналіз енергоспоживання й енергозбереження в галузі освіти був виконаний у [34].

В [35] була розроблена методика оцінювання енергоефективності вищих навчальних закладів.

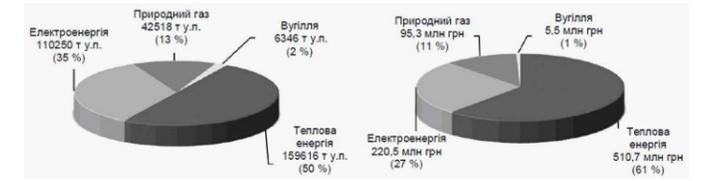
В роботі [36] було виконано моделювання процесів повітрообміну у вентиляційних фасадах.



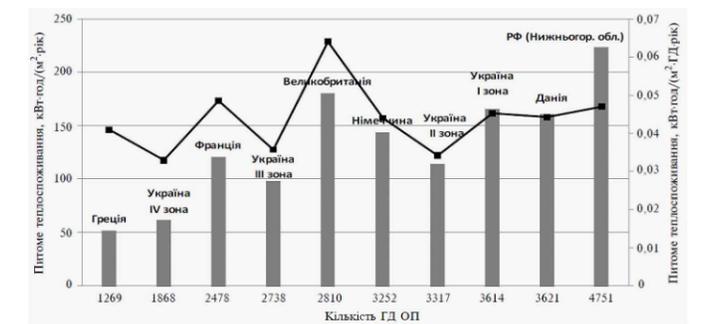
Алгоритм розрахунку класу ефективності будівлі за методологією Дисплей



Класи енергетичної ефективності будівель розраховані за методологією Дисплей



Частка спожитих енергоресурсів 30 та витрат коштів на їх оплату



Показники питомого теплоспоживання університетів: — питоме теплоспоживання, кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік); питоме теплоспоживання, кВт·год/(м<sup>2</sup>·ГД·рік)

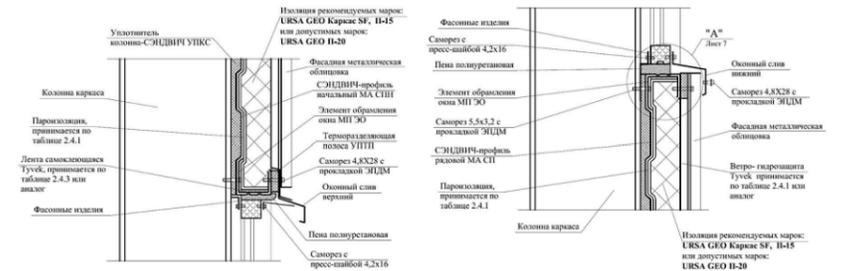
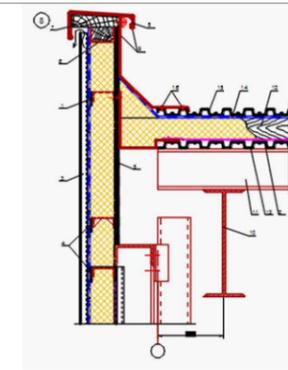
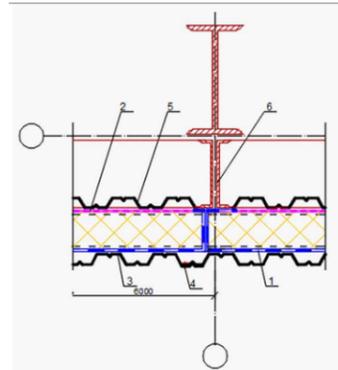
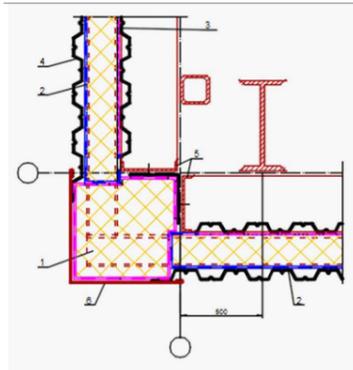
					2МБП. 10589142.ПЗ		
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуші
Розробив		Рева А.В.				МР	4
Керівник		Галицьська Т.А.					
Консультант		Галицьська Т.А.				Дослідження в області термомодернізації виконані Фаренюком Г.Г., Савицьким М.В., Нікіфоровою Т.Д., Колесником Є.С., Дешко В.І.	
Н. контроль		Галицьська Т.А.				НУПІ імені Юрія Кондратюка	
Зав. кафедри		Семко О.В.				Кафедра БтлЦ	

# РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

## ROCKWOOL

## ROCKWOOL

## PAROC

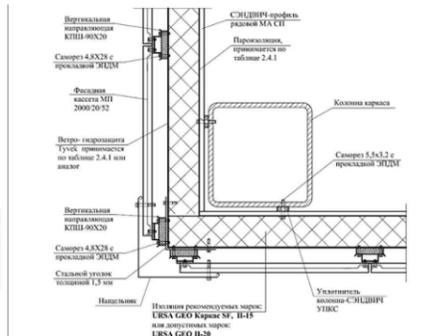
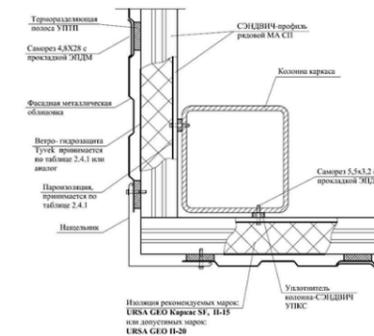
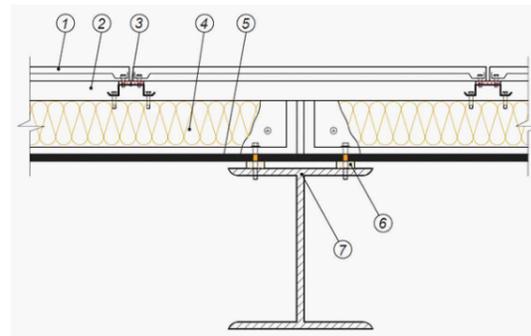
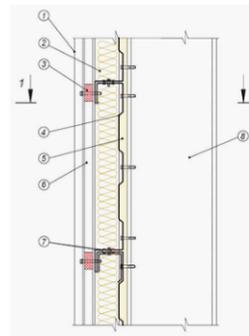
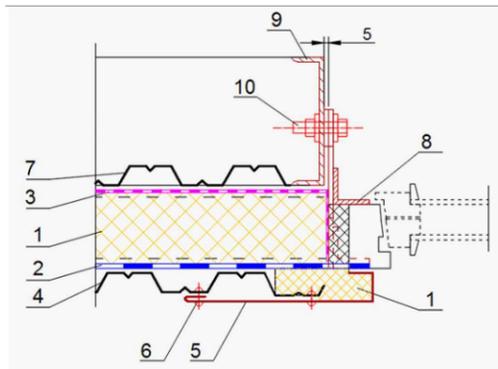
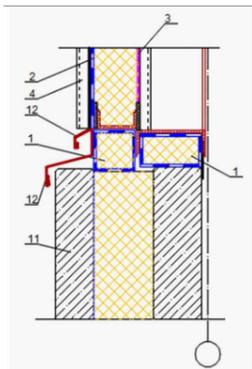


Теплоізоляційні плити з кам'яної вати ЛАЙТ БАТТС; 2. Вітровологозахисна мембрана "ROCKWOOL"; 3. Пароізоляція OSKWOOL; 4. Обшивка з оцинкованого сталевого профлиста; 5. Каркас панелі; 6. Кутовий нашільник.

Теплоізоляційні плити з кам'яної вати ЛАЙТ БАТТС; 2. Вітровологозахисна мембрана "ROCKWOOL"; 3. Пароізоляція ROCKWOOL; 4. Обшивка з оцинкованого сталевого профлиста; 5. Внутрішня обшивка; 6. Каркас панелі; 7. Прогін; 8. Несучий настил покриття; 9. Брус антисептований; 10. Вітровологозахисна мембрана "ROCKWOOL"; 11. Покрівля з профнастилу; 12. Нашільник Н5.

Теплоізоляційні плити з кам'яної вати ЛАЙТ БАТТС; 2. Вітровологозахисна мембрана "ROCKWOOL"; 3. Пароізоляція OSKWOOL; 4. Обшивка з оцинкованого сталевого профлиста; 5. Каркас панелі; 6. Кутовий нашільник.

## ТехноКОЛЬ



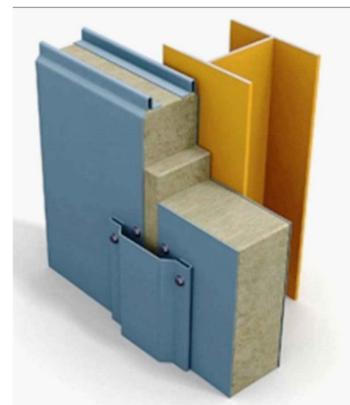
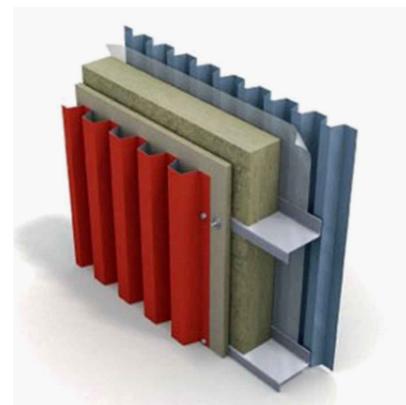
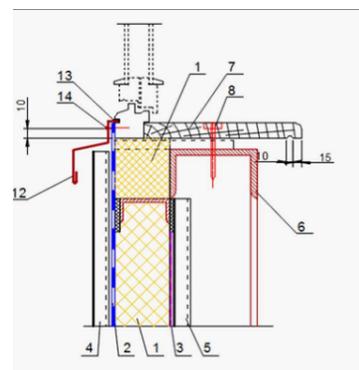
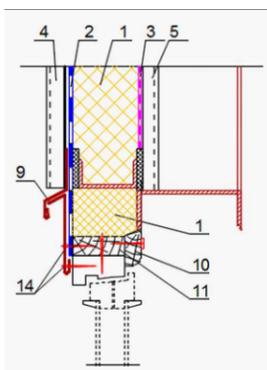
Варіанти зовнішнього кута стіни

Теплоізоляційні плити ЛАЙТ АТТС; 2. Вітровологозахисна мембрана "ROCKWOOL"; 3. Пароізоляція ROCKWOOL; 4. Обшивка з оцинкованого сталевого профлиста; 5. Нашільник Н2; 6. Закlepка; 7. Внутрішня обшивка; 8. Елемент кріплення вікна У2; У3 з кроком 600; 9. Каркас панелі; 10. Болт М16х50 з кроком 600; 11. Панель стінова покольна; 12. Злив С1.

Фасадне облицювання металевими касетами; 2. Вентильований повітряний прошарок; 3. Вертикальна направляюча; 4. Мінераловатні плити ТЕХНО марки ТЕХНОБЛОК; 5. Касетний профіль; 6. Самоклеюча стрічка; 7. Колона каркасу

## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

## PAROC



Конструкція огороження для: а) промислового будівництва; б) громадського будівництва

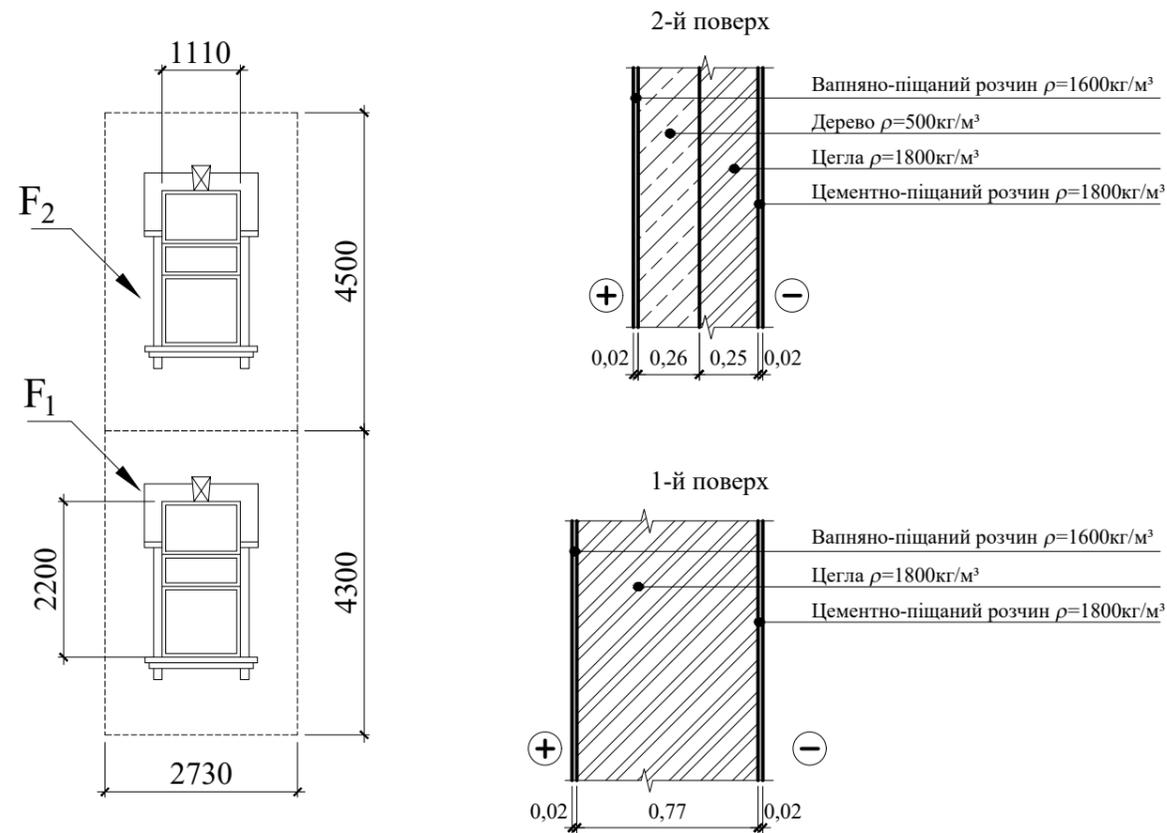
Теплоізоляційні плити з кам'яної вати ЛАЙТ БАТТС; 2. Вітровологозахисна мембрана "ROCKWOOL"; 3. Пароізоляція ROCKWOOL; 4. Обшивка з оцинкованого сталевого профлиста; 5. Внутрішня обшивка; 6. Швелер; 7. Підвіконня з дерев'яної дошки; 8. Болт; 9. Нашільник Н1; 10. антисептований дерев'яний брус; 11. антисептований дерев'яний брусик; 12. Злив С5; 13. Герметизуюча мастика; 14. Шуруп

1. Питаннями теплозахисту зовнішніх огорожувальних конструкцій займався багато як вітчизняних так і закордонних авторів.
2. Зокрема теплозахисту металевих зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків присвячені роботи Фаренюка Г.Г., М.В. Савицького, Нікіфорової Т.Д., Дешко В.І., Колесника Є.С., та інших авторів.
3. Фірмами ROCKWOOL, ТехноКОЛЬ PAROC, URSA розроблені схеми утеплення частин будівель з використанням металевих конструкцій.
4. Недостатньо розроблені варіанти утеплення вузлів металевих конструкцій на основі трубчастих елементів.

					2МБП. 10589142.ПЗ			
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізація будівлі навчального закладу у м. Полтава			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Станд.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рева А.В.						
Керівник		Галіська Т.А.				РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ	MP	5
Консультант		Галіська Т.А.				Проблемні з'ясування зовнішніх огорожень із застосуванням металевих конструкцій фірми ROCKWOOL, ТехноКОЛЬ, PAROC.		
Н. контроль		Галіська Т.А.						НУПІ імені Юрія Кондратюка
Зав. кафедрою		Семко О.В.						Кафедра БтЛЦ

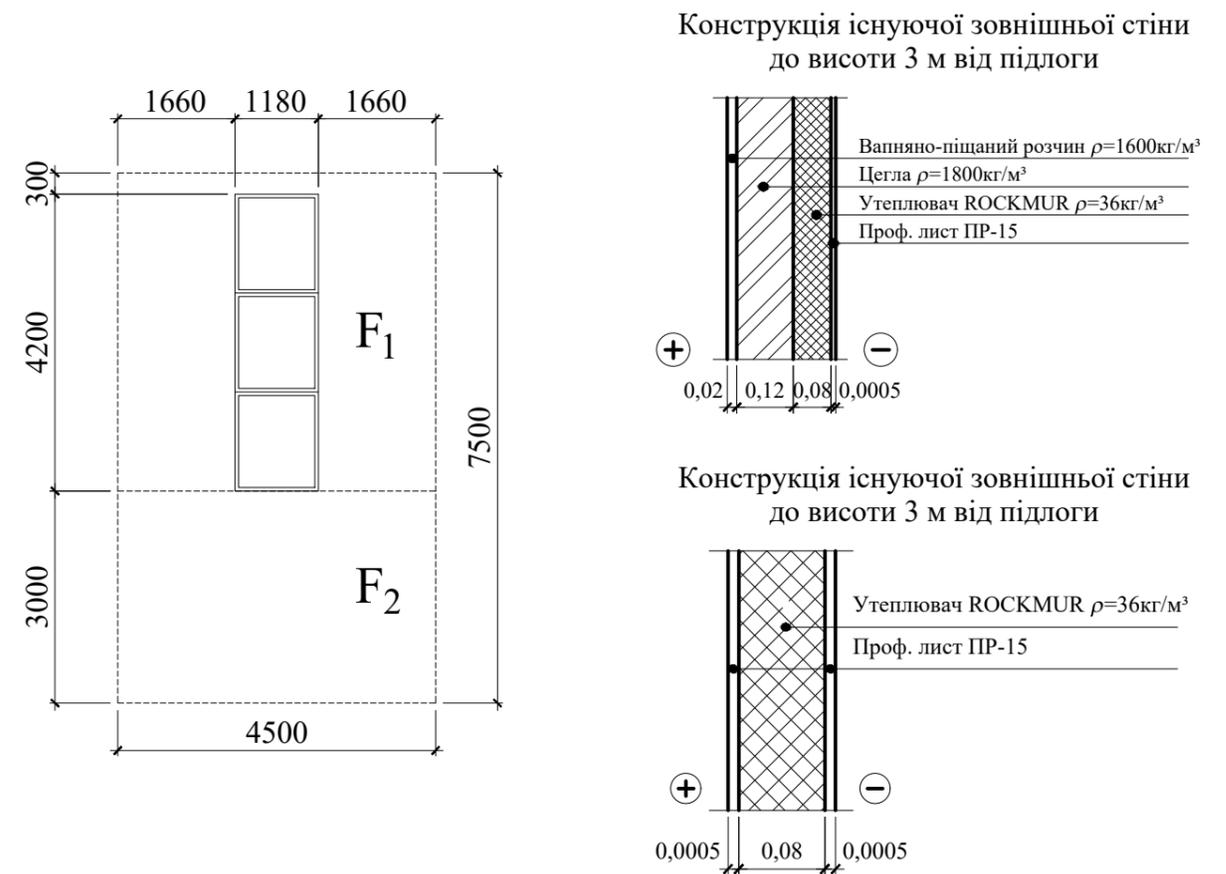
# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24

Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус).



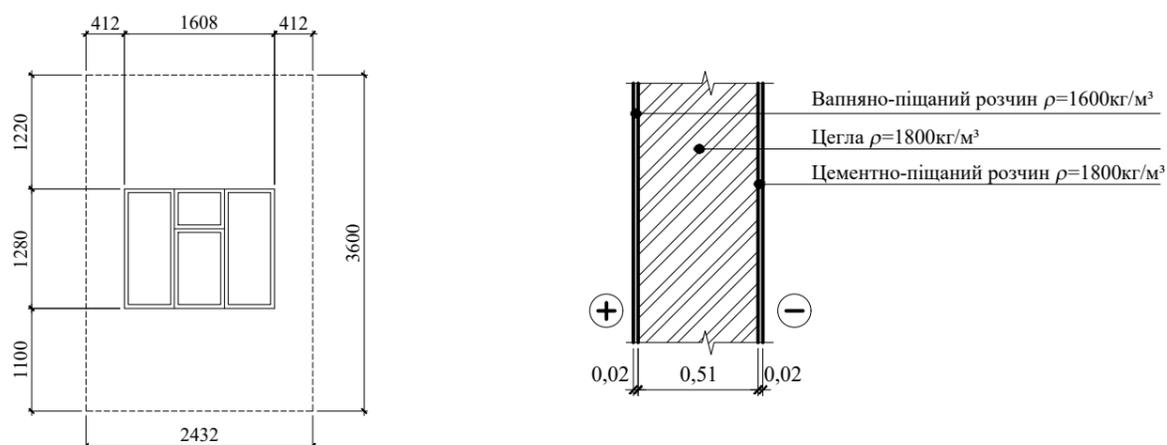
Так як  $R_{\Sigma пр} = 1,369 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

Зовнішня стіна (спортивний зал)



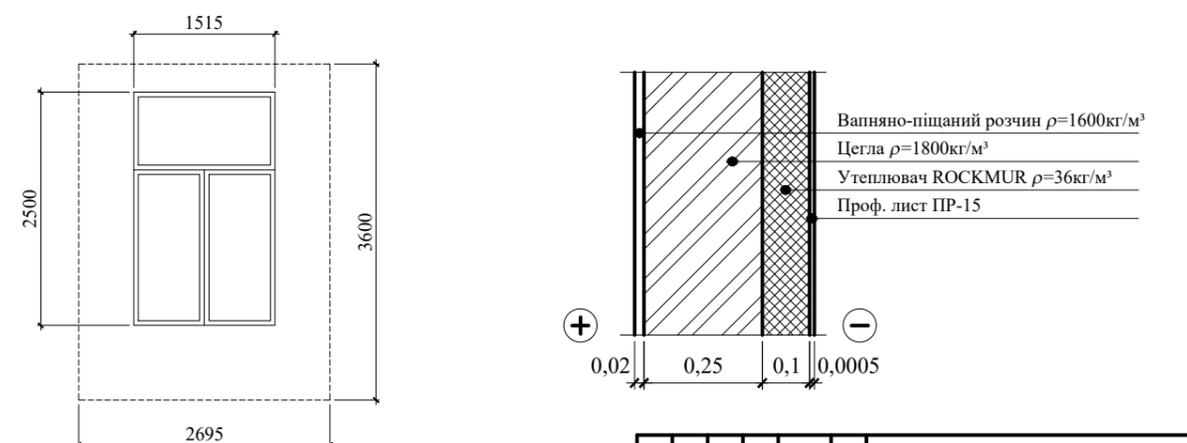
Так як  $R_{\Sigma пр} = 2,269 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус)



Так як  $R_{\Sigma пр} = 0,795 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

Зовнішня стіна (3-я черга будівництва).

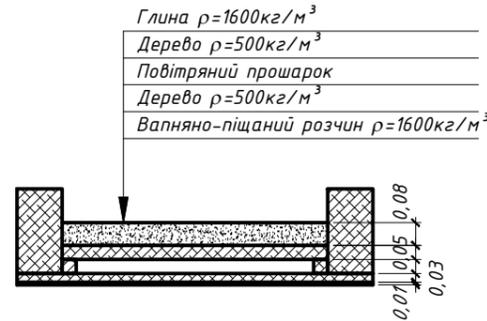


Так як  $R_{\Sigma пр} = 2,538 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючої стіни недостатні.

					2МБП. 10589142.ПЗ			
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив				Рева А.В.		МР	6	
Керівник				Галіська Т.А.				
Консультант				Галіська Т.А.				
					РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24			
					Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус). Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус). Зовнішня стіна (спортивний зал). Зовнішня стіна (3-я черга будівництва).			
					Н. контроль Галіська Т.А.			
					Зав. кафедрою Семко О.В.			
					НУПІП імені Юрія Кондратюка			
					Кафедра БтЛЦ			

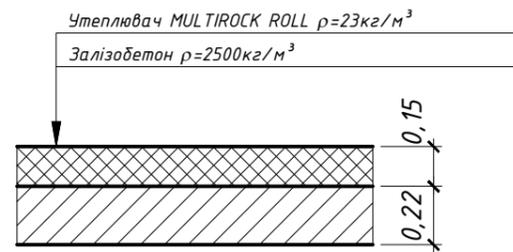
# РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24

Горищне перекриття (2-о поверховий корпус)



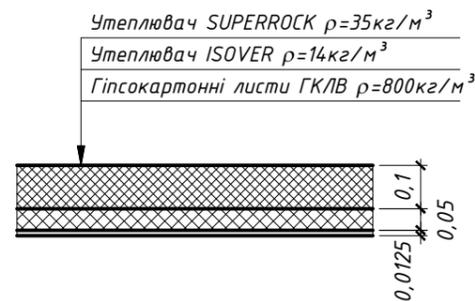
Так як  $R_{\Sigma} = 0,928 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні

Горищне перекриття (3-и поверховий корпус).



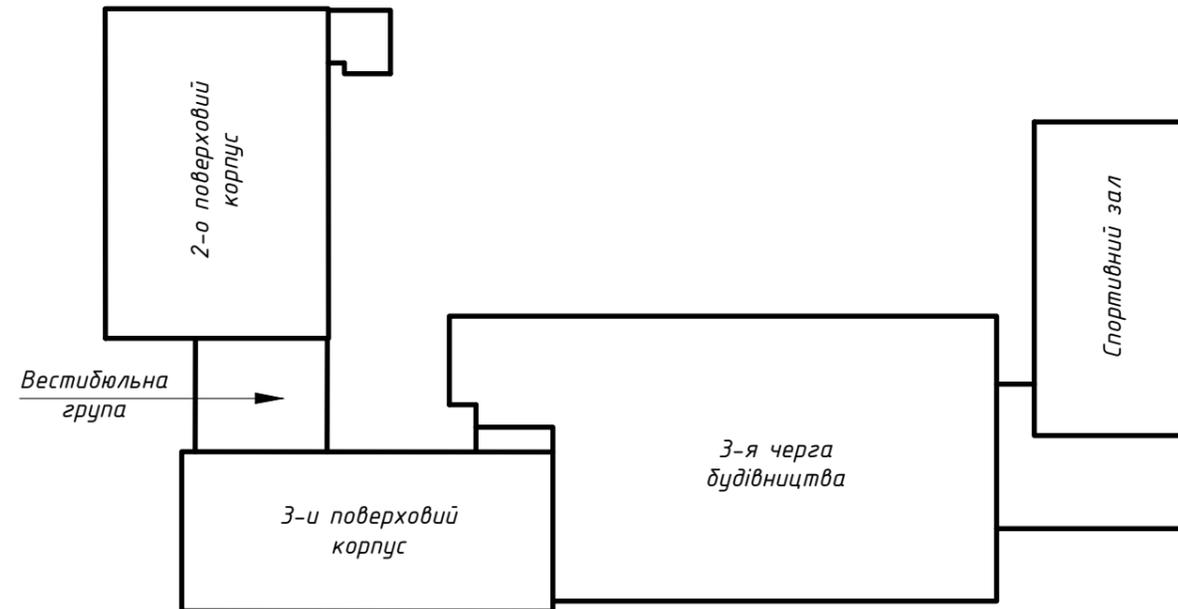
Так як  $R_{\Sigma} = 3,715 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні.

Горищне перекриття (спортивний зал).

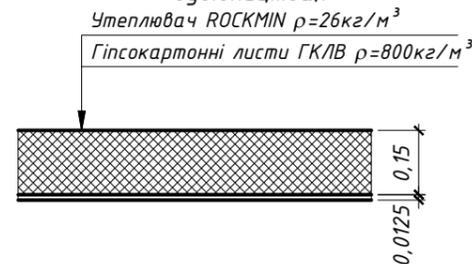


Так як  $R_{\Sigma} = 4,466 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні.

Схема розташування блоків будівлі

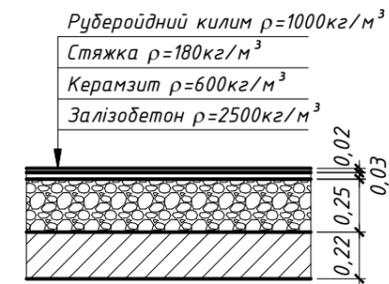


Горищне перекриття (3-я черга будівництва).



Так як  $R_{\Sigma} = 4,104 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого горищного перекриття недостатні.

Суміщене покриття (вестибюльна група між 2-во та 3-и поверховими корпусами)



Так як  $R_{\Sigma} = 1,543 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} < R_{q, \text{min}} = 6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  то теплозахисні властивості існуючого суміщеного покриття недостатні.

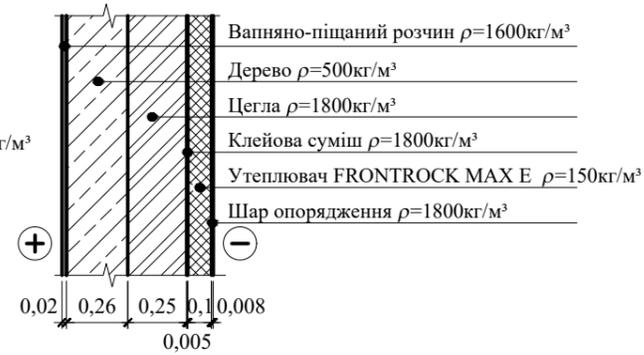
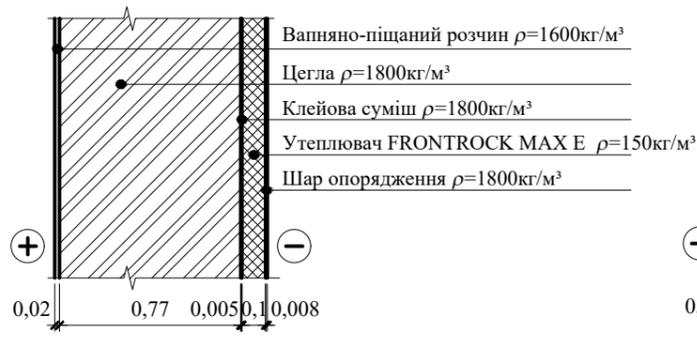
## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Теплозахисні властивості існуючих огороджувальних конструкцій школи № 24 не відповідають нормам.
2. Чим раніше збудований корпус школи тим більша різниця між нормованим та фактичним опором теплопередачі огороджувальних конструкцій.

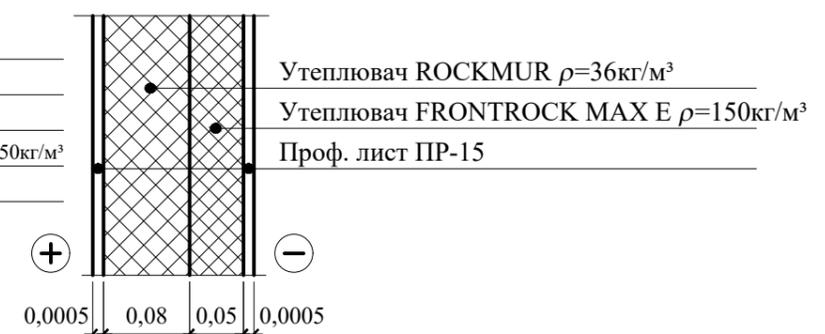
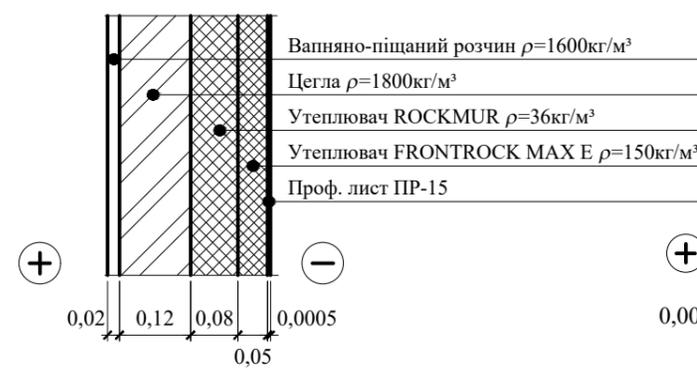
						2МБП. 10589142.ПЗ		
						Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рева А.В.				МР	7	
Керівник		Галіська Т.А.						
Консультант		Галіська Т.А.				НУПІ імені Юрія Кондратюка		
Н. контроль		Галіська Т.А.				Кафедра БтаЦ		
Зав. кафедрою		Семко О.В.						

# РОЗДІЛ 3. СТАН ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

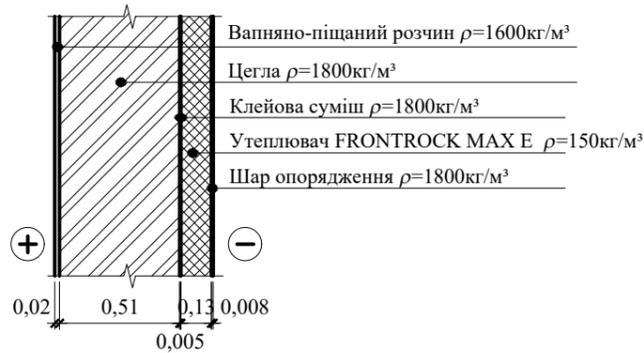
Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус).



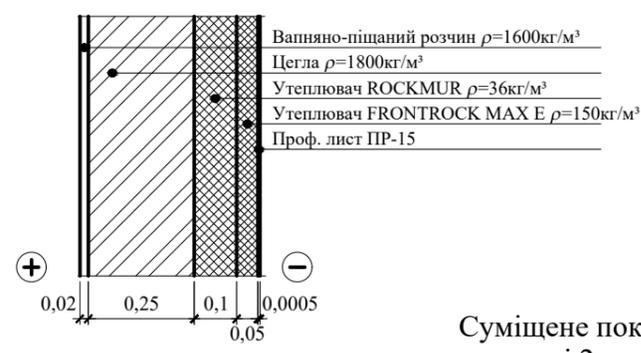
Зовнішня стіна (спортивний зал)



Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус)



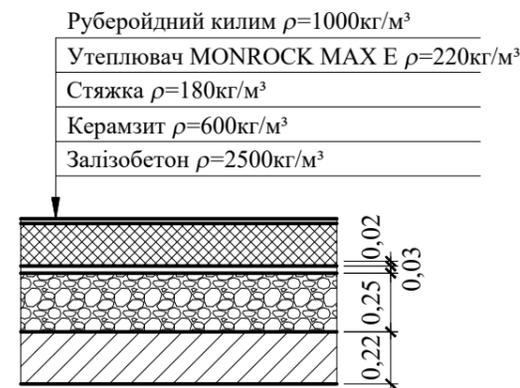
Зовнішня стіна (3-я черга будівництва).



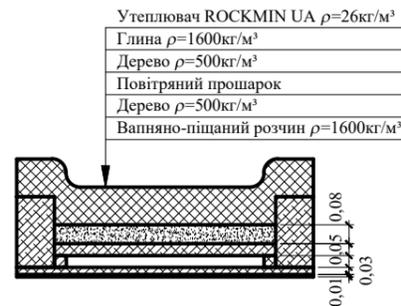
Підсумкові результати дослідження теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій

№	Огороджувальна конструкція	Нормований опір теплопередачі, м²·К/Вт	Опір теплопередачі існуючих огорожувальних конструкцій, м²·К/Вт	Додатковий шар утеплення	Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій після додаткового утеплення, м²·К/Вт
1	Зовнішня стіна (2-во поверховий корпус)	3,3	1,369	FRONTROCK MAX E $\rho_0 = 150 \text{ кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,1\text{м}$	3,469
2	Зовнішня стіна (3-и поверховий корпус)	3,3	0,795	FRONTROCK MAX E $\rho_0 = 150 \text{ кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,13\text{м}$	3,39
3	Зовнішня стіна (спортивний зал)	3,3	2,269	FRONTROCK MAX E $\rho_0 = 150 \text{ кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	3,401
4	Зовнішня стіна (3-я черга будівництва)	3,3	2,538	FRONTROCK MAX E $\rho_0 = 150 \text{ кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	3,304
5	Горишне перекриття (2-о поверховий корпус)	4,95	0,928	ROCKMIN UA, $\rho_0 = 26\text{кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,16\text{м}$	5,031
6	Горишне перекриття (3-и поверховий корпус)	4,95	3,715	ROCKMIN UA, $\rho_0 = 26\text{кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	4,997
7	Горишне перекриття (спортивний зал)	4,95	4,466	ROCKMIN UA, $\rho_0 = 26\text{кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	5,748
8	Горишне перекриття (3-а черга будівництва)	4,95	4,104	ROCKMIN UA, $\rho_0 = 26\text{кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,05\text{м}$	5,386
9	Суміщене покриття (вестибюльна група мі 2-во та 3-и поверховими корпусами)	6	1,543	MONROCK MAX E, $\rho_0 = 220\text{кг/м}^3, \delta_{\text{ут}} = 0,18\text{м}$	6,28

Суміщене покриття (вестибюльна група мі 2-во та 3-и поверховими корпусами)



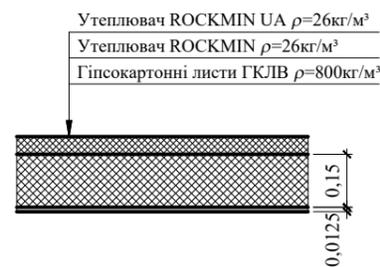
Горишне перекриття (2-о поверховий корпус)



Горишне перекриття (3-и поверховий корпус).



Горишне перекриття (3-я черга будівництва).



Горишне перекриття (спортивний зал).



## ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

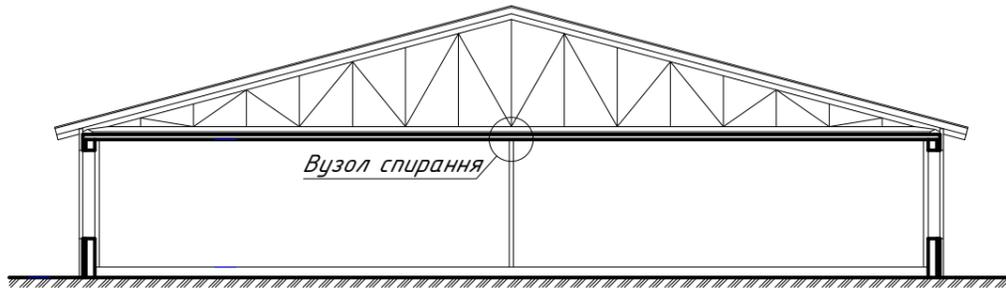
1. Після термомодернізації зовнішні огорожувальні конструкції школи №24 відповідають нормам.

					2МБП. 10589142.ПЗ		
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата		
Розробив				Рева А.В.		Студія	Архус
Керівник				Галіська Т.А.		MP	8
Консультант				Галіська Т.А.			
					РОЗДІЛ 3. СТАН ТЕПЛОЗАХИСТУ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 ПІСЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ		
					Термомодернізація стін, горишних перекриттів по покриттях.		
					НУПІ імені Юрія Кондратюка		
					Кафедра БтЛЦ		

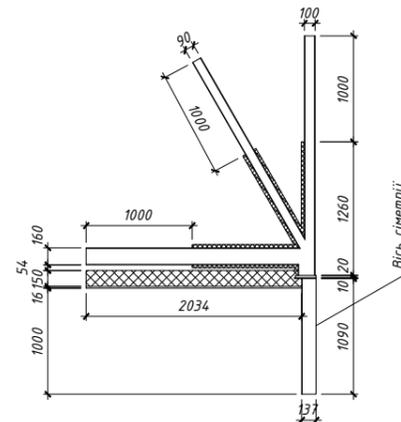
# РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

## Вузол 1 (спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду) Існуючий стан (ряду) теплозахисту

Розташування вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду



Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля



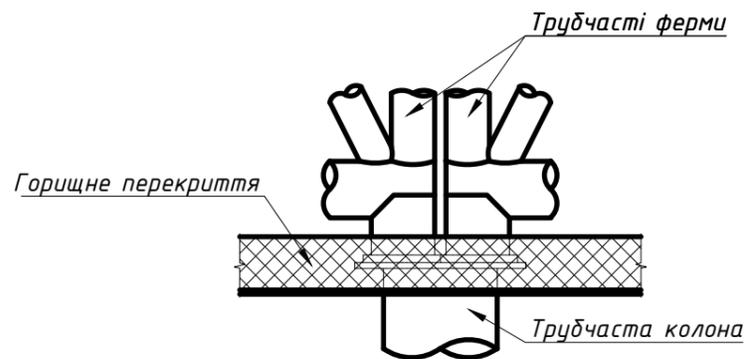
Відшаровування опоряджувального шару на стелі



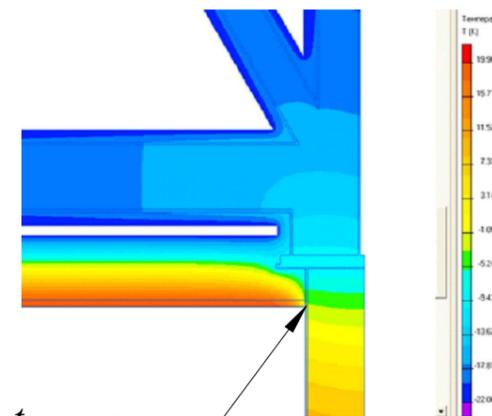
Утворення щілини між стіною та колоною



Конструкція вузла



Результати розрахунку температурного поля



$$t_{e \min} = -2,8^{\circ}\text{C}$$

$$t_{B \min} = -2,8^{\circ}\text{C} < t_p = 10,2^{\circ}\text{C}$$

Існуюче утеплення елементів вузла



### Висновки:

1. Обгортання утеплювачем трубчастих елементів не суттєво підвищує теплозахисні властивості вузла з'єднання.

2. Низькі теплозахисні властивості вузла з'єднання пояснюються тим, що більша частина теплового потоку з приміщення проходить через вузол по повітрю всередині трубчастих елементів. Пояснюється це тим, що теплопровідність повітря в середині трубчастих елементів значно більша за утеплювач. Тепловий потік проходить по повітрю вздовж трубчастих елементів до ділянок ферми без утеплення та безперешкодно виходить в горіще.

3. Для приведення вузла з'єднання колони з фермою до норм теплопередачі було запропоновано заповнювати утеплювачем внутрішню частину трубчастих елементів. Виконати це в елементах ферми важко. Більш доцільним є розташування утеплювача всередині трубчастої колони.

						2МБП. 10589142.ПЗ		
						Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуші	Аркуші
Розробник		Рева А.В.				МР	9	
Керівник		Галінська Т.А.						
Консультант		Галінська Т.А.						
						Вузол 1 (спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду). Існуючий стан теплозахисту		
						НУШП імені Юрія Кондратюка		
						Кафедра БІаЦ		

# РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

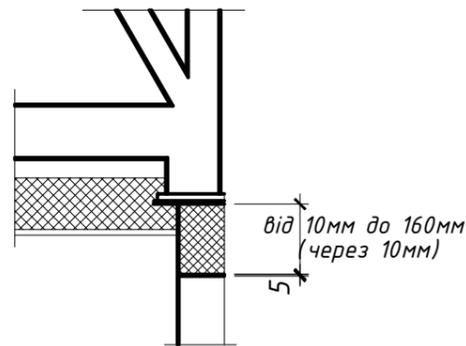
Вузол 1 (спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього

## Пошук оптимальної <sup>п'яди</sup> схеми теплозахисту

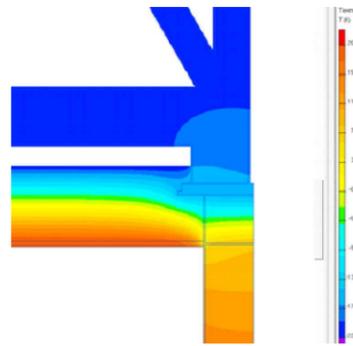
### 1-й етап

Збільшення товщини утеплювача від верха колони вниз від 10 мм до 160 мм (з кроком 10 мм)

Схема утеплення



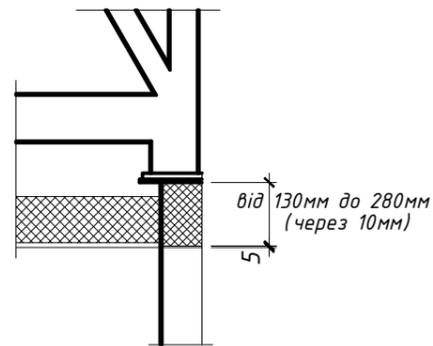
Температурне поле кращого варіанту



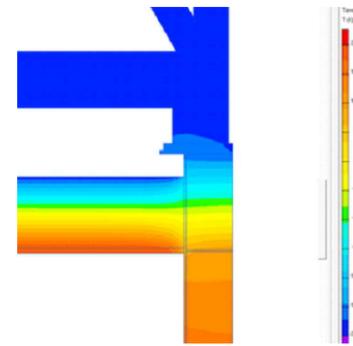
### 2-й етап

Збільшення товщини утеплювача від низа гоищного перекриття вгору від 130 мм до 180 мм (з кроком 10 мм)

Схема утеплення



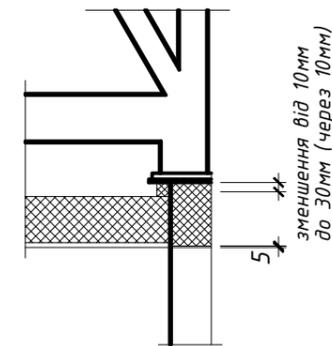
Температурне поле кращого варіанту



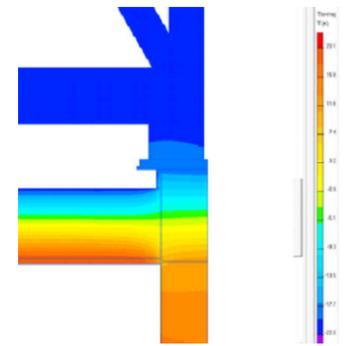
### 3-й етап

Зменшення висоти колони та застосуванням утеплювача навколо оголовка колони

Схема утеплення



Температурне поле кращого варіанту



Зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею

№	Товщина утеплювача, мм	Температура, °C
1	2	3
1	10	0,3
2	20	1,1
3	30	1,7
4	40	2,5
5	50	3
6	60	3,6
7	70	4
8	80	4,5
9	90	4,8
10	100	5,2
11	110	5,4
12	120	5,6
13	130	5,8
14	140	5,8
15	150	5,3
16	160	4,8

$$t_{B \min} = 5,8 \text{ } ^\circ\text{C} < t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею

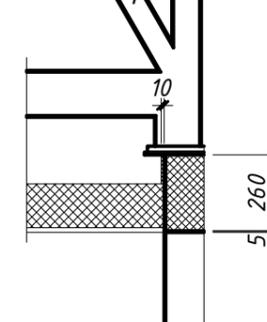
№	Товщина утеплювача, мм	Температура, °C
1	2	3
1	130	5,8
2	140	6,3
3	150	6,8
4	160	7,2
5	170	7,6
6	180	8
7	190	8,4
8	200	8,7
9	210	8,9
10	220	9,2
11	230	9,5
12	240	9,8
13	250	10
14	260	10,1
15	270	10,3
16	280	10,5

$$t_{B \min} = 10,3 \text{ } ^\circ\text{C} > t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зміна температури в місці з'єднання колони зі стелею

№	Товщина утеплювача, мм	Товщина утеплювача навколо колони, мм	Температура, °C	Об'єм утеплювача, м³		
				в середині колони	навколо оголовка колони	загальний
1	270	0	10,3	0,01466	0	0,01466
2	260	10	10,3	0,01411	0,00048	0,01459
3	250	60	10,1	0,01357	0,00276	0,01633

Схема утеплення оптимального варіанта



**Висновок.** Запропонований варіант розташування утеплювача всередині трубчастої колони дозволяє підвищити теплозахисні властивості вузла з'єднання до вимог норм теплозахисту.

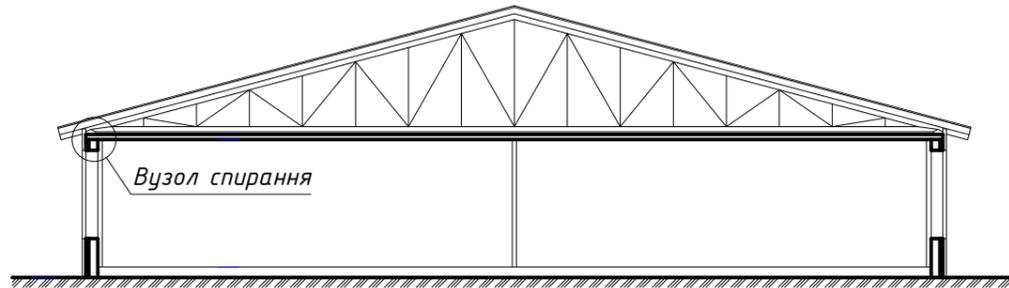
2МБП. 10589142.ПЗ					
Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Розробив	Рева А.В.				
Керівник	Галіська Т.А.				
Консультант	Галіська Т.А.				
Н. контроль	Галіська Т.А.				
Зав. кафедри	Семко О.В.				
				Стадія	Аркуш
				МР	10
				НУПІ імені Юрія Кондратюка	
				Кафедра БтЛЦ	

# РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

Вузол 2 (спирання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду)

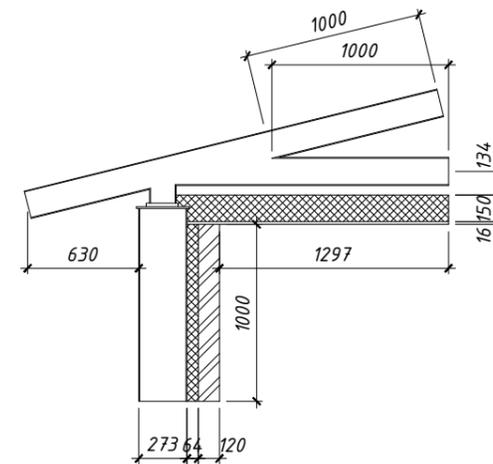
## Існуючий стан теплозахисту

Розташування вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду

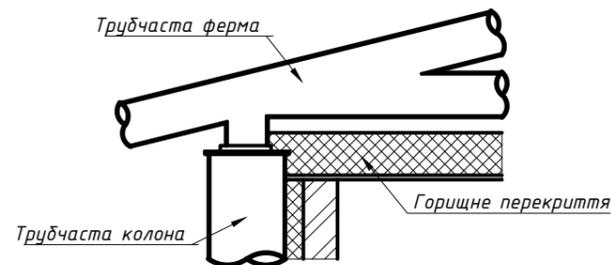
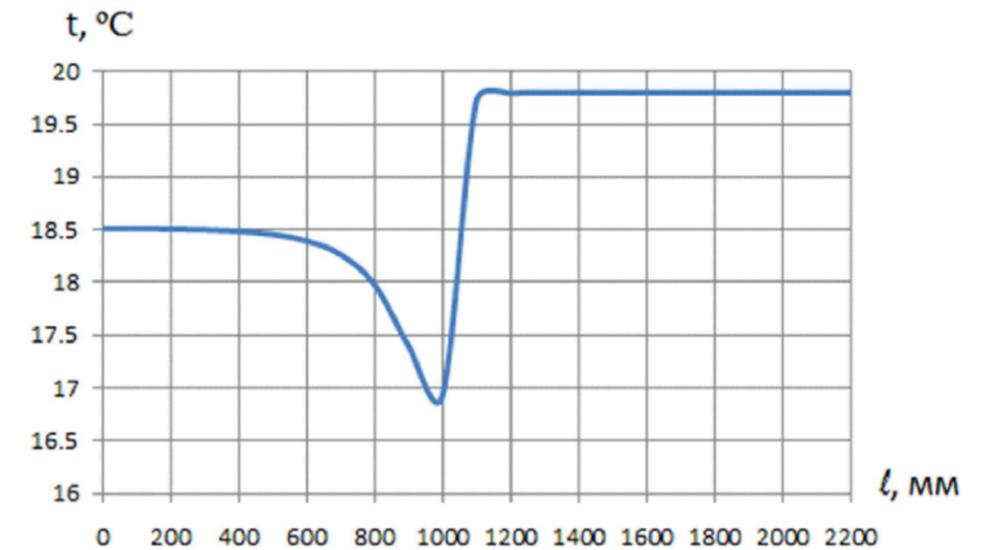


Конструкція вузла

Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля



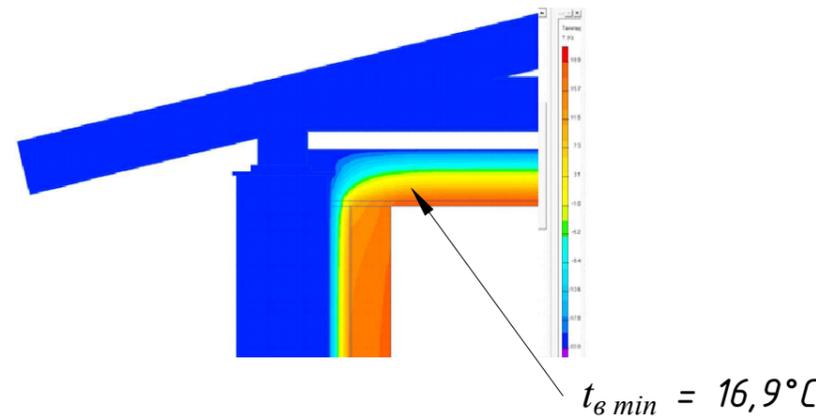
Розподіл температури по внутрішній поверхні стіни та стелі у межах розрахункової схеми



Існуюче утеплення елементів вузла



Результати розрахунку температурного поля



**Висновок.** При існуючому стану утеплення третя вимога теплозахисту виконується

$$t_{v \min} = 16,9 \text{ } ^\circ\text{C} > t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

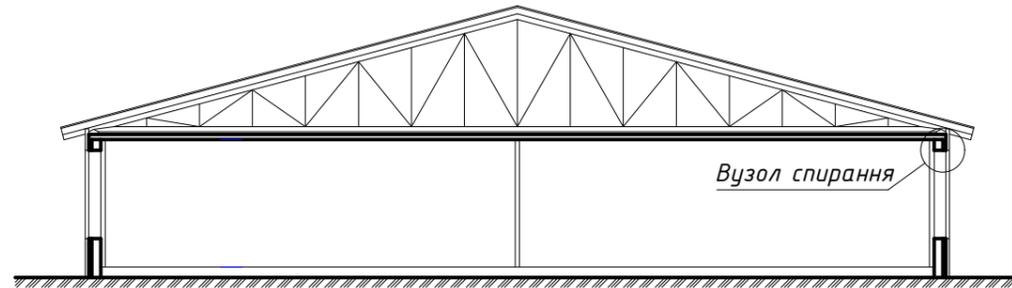
						2МБП. 10589142.ПЗ		
						Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рева А.В.				МР	11	
Керівник		Галінська Т.А.						
Консультант		Галінська Т.А.				НУПІ імені Юрія Кондратюка		
Н. контроль		Галінська Т.А.				Кафедра БтЛЦ		
Зав. кафедри		Семко О.В.						

# РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

## Вузол 3 (примикання вікна до перемичок)

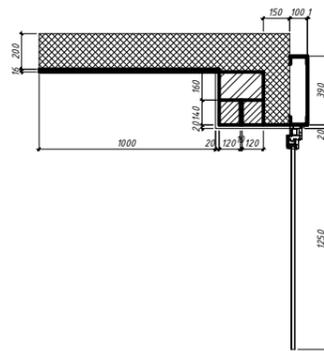
### Існуючий стан теплозахисту

Розташування вузла спирання двох трикутних металевих трубчастих ферм на трубчасту металеву колону середнього ряду

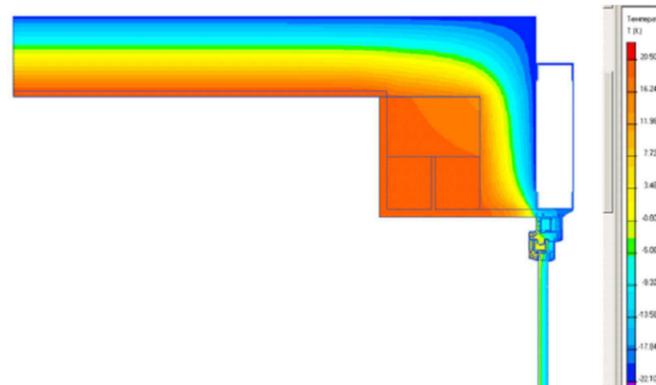


Вузол спирання

Розрахункова схема вузла з'єднання для розрахунку температурного поля



Результати розрахунку температурного поля



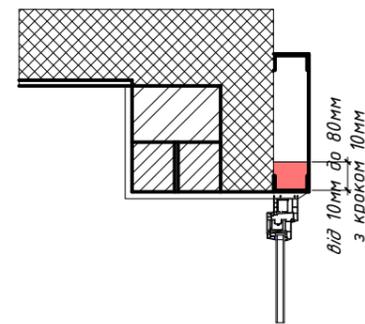
$$t_{B \min} = -3,8 \text{ } ^\circ\text{C} < t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Пошук оптимальної схеми теплозахисту

#### 1-й спосіб

Розташування додаткового утеплювача над вікном у повітряному прошарку між утеплювачем та опоряджувальним шаром

Схема додаткового утеплення

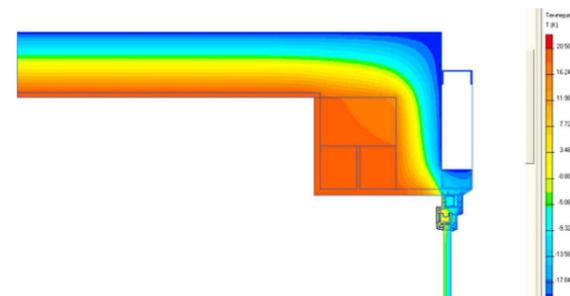


Температура у місці з'єднання стіни та стелі

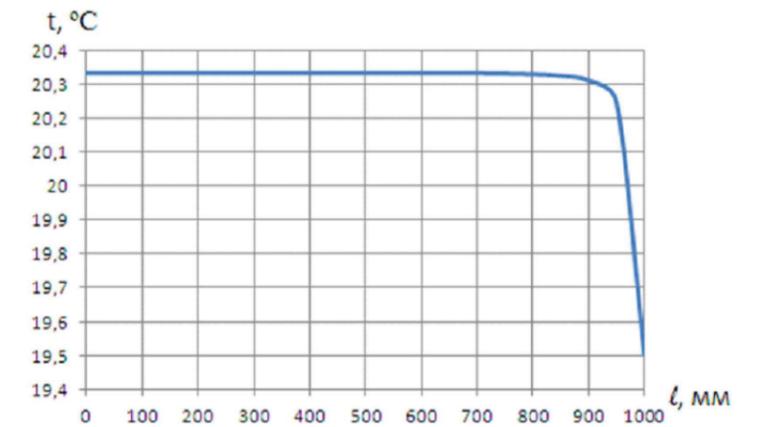
№	Товщина додаткового утеплення, мм	Температура у місці з'єднання стіни та стелі, °C
1	0	-3,8
2	10	-3
3	20	-2,6
4	30	-2,3
5	40	-2
6	50	-1,6
7	60	-1,5
8	70	-1,4
9	80	-1,3

$$t_{B \min} = -1,6 \text{ } ^\circ\text{C} < t_p = 10,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурне поле оптимального варіанту

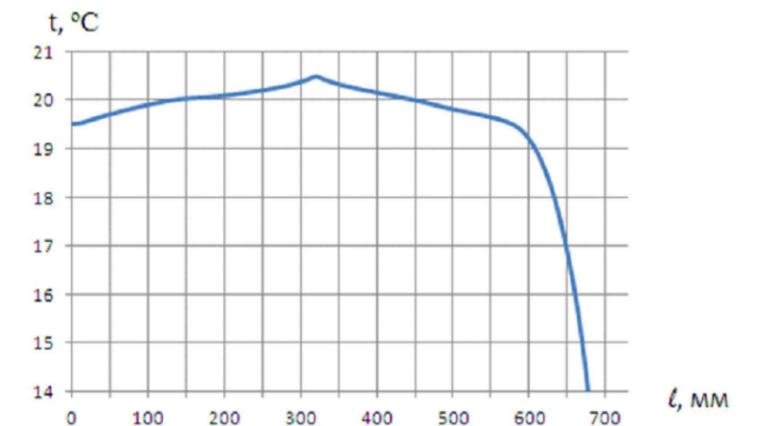


Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі



$$\Delta t_{пр} = 0,7 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі



$$\Delta t_{пр} = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

					2МБП. 10589142.ПЗ			
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Рева А.В.				РОЗДІЛ 4 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА	MP	12
Керівник		Галінська Т.А.						
Консультант		Галінська Т.А.				Вузол 3 (примикання вікна до перемичок). Існуючий стан теплозахисту. Пошук оптимальної схеми теплозахисту. 1-й спосіб.	НУПІ імені Юрія Кондратюка	Кафедра БтаЦ
Н. контроль		Галінська Т.А.						
Зав. кафедрою		Семко О.В.						

# РОЗДІЛ 4. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВУЗЛІВ МЕТАЛЕВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ШКОЛИ №24 У М. ПОЛТАВА

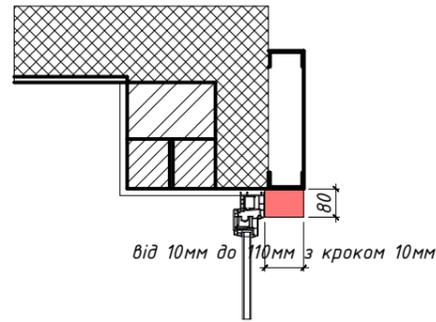
## Вузол 3 (примикання вікна до перемичок)

### Пошук оптимальної схеми теплозахисту

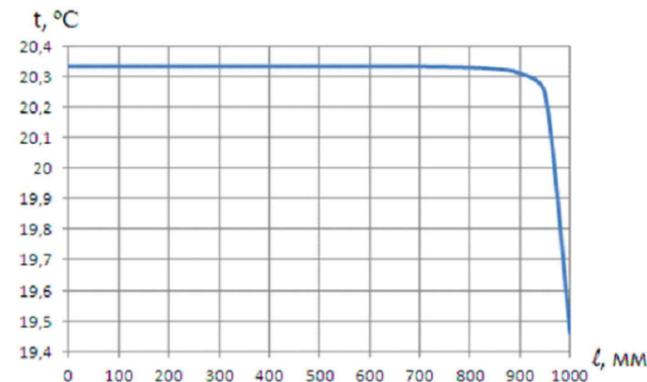
#### 2-й спосіб

Розташування додаткового утеплювача з зовнішньої сторони рами вікна.

Схема додаткового утеплення



Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі

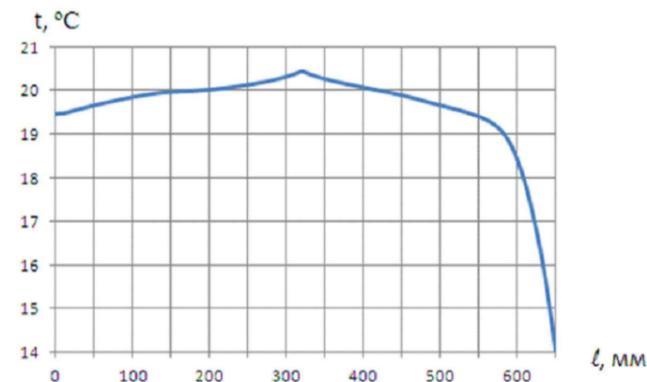


Температура у місці з'єднання стіни та стелі

№	Товщина додаткового утеплення, мм	Температура у місці з'єднання стіни та стелі, °C
1	0	-7,8
2	10	-6,9
3	20	-5,7
4	30	-3,2
5	40	-0,2
6	50	2,4
7	60	4,4
8	70	5,9
9	80	7,3
10	90	8,6
11	100	10,2
12	110	12,6

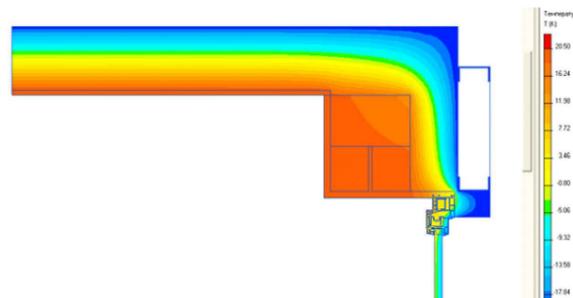
$$\Delta t_{пр} = 0,7 \text{ °C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ °C}$$

Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі



$$t_{в min} = 12,6 \text{ °C} > t_p = 10,2 \text{ °C}$$

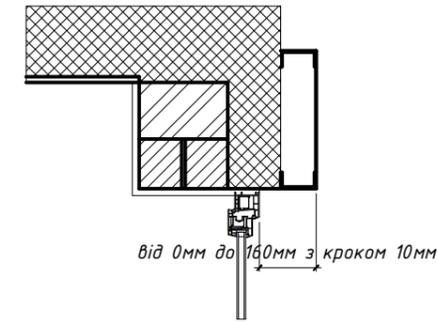
Температурне поле оптимального варіанту



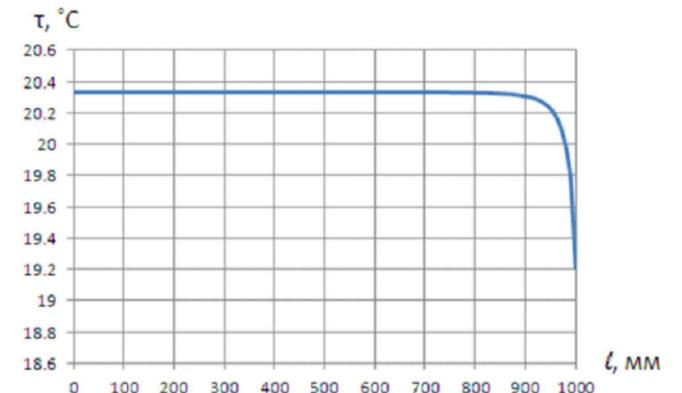
#### 3-й спосіб

Зміщення вікна до внутрішньої поверхні стіни

Схема додаткового утеплення



Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі

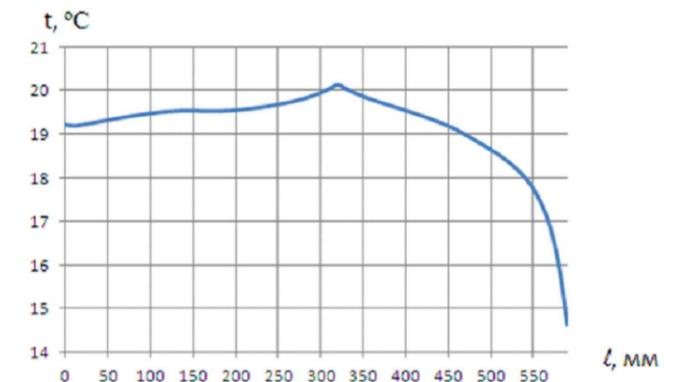


Температура у місці з'єднання стіни та стелі

№	Товщина додаткового утеплення, мм	Температура у місці з'єднання стіни та стелі, °C
1	0	-7,8
2	10	-7,4
3	20	-6,3
4	30	-3,9
5	40	-0,9
6	50	1,6
7	60	3,6
8	70	5,1
9	80	6,3
10	90	7,4
11	100	8,3
12	110	9
13	120	9,1
14	130	9,3
15	140	9,6
16	150	10
17	160	10,4

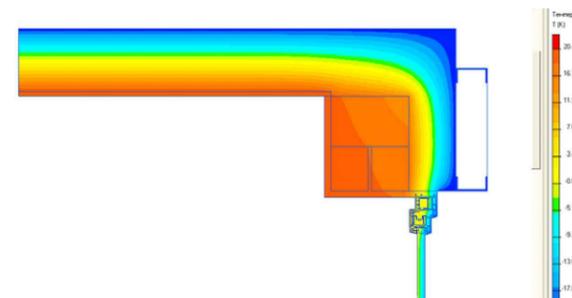
$$\Delta t_{пр} = 0,7 \text{ °C} < \Delta t_{сг} = 4 \text{ °C}$$

Графіки зміни температури по внутрішній поверхні стелі



$$t_{в min} = 10,4 \text{ °C} > t_p = 10,2 \text{ °C}$$

Температурне поле оптимального варіанту



#### ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 4

1. Розташування утеплювача всередині трубчастої колони дозволяє підвищити теплозахисні властивості вузла з'єднання до вимог норм теплозахисту.
2. У місці спирання трикутної металеві трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду, при існуючому стану утеплення, вимоги теплозахисту виконуються.
3. Оптимальним варіантом приведення вузла примикання вікна до перемичок, до норм теплозахисту є варіант зміщення вікна до внутрішньої поверхні на 160 мм, так як не потребує застосування додаткового утеплення.

					2МБП. 10589142.ПЗ			
					Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Стадія	Аркуші	Аркуші
Розробив		Рева А.В.				МР	13	
Керівник		Галіська Т.А.						
Консультант		Галіська Т.А.						
Н. контроль		Галіська Т.А.						
Зав. кафедрою		Семко О.В.						

# Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В наш час недостатньо розроблені варіанти утеплення вузлів металевих конструкцій на основі трубчастих елементів.
2. Теплозахисні властивості існуючих огороджувальних конструкцій школи № 24 не відповідають нормам.
3. Після термомодернізації зовнішні огороджувальні конструкції школи №24 відповідають нормам.
4. Утеплення ззовні трубчастих металевих ферм та колон на дає суттєвого зниження теплового потоку, що проходить крізь вузол їх з'єднання. Пояснюється це тим, що тепло з приміщення виходить на зовні як по металевим конструкціям так і по повітрю в середині трубчастих елементів.
5. Низькі теплозахисні якості вузла з'єднання трубчастих елементів приводять до конденсації водяної пари на верхній частині колони, відшаровування опоряджувального шару на стелі, зволоженні утеплювача горищного перекриття.
6. Запропонований варіант розташування утеплювача всередині трубчастої колони дозволяє підвищити теплозахисні властивості вузла з'єднання до вимог норм теплозахисту. Зокрема підвищити температуру у місці примикання колони до стели вище точки роси.
7. У місці спірання трикутної металевої трубчастої ферми на трубчасту металеву колону крайнього ряду, при існуючому стану утеплення, третя вимога теплозахисту виконується.
8. Оптимальним варіантом приведення вузла примикання вікна до перемичок, до норм теплозахисту є варіант зміщення вікна до внутрішньої поверхні на 160 мм, так як не потребує застосування додаткового утеплення.

						2МБП. 10589142.ПЗ		
						Удосконалення теплових вузлів та термомодернізації будівлі навчального закладу у м. Полтава		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Загальні висновки		
Розробив	Рева А.В.					МР	14	Аркушів
Керівник	Галінська Т.А.							
Консультант	Галінська Т.А.							
						Загальні висновки		
Н.контроль	Галінська Т.А.					НУПП імені Юрія Кондратюка		
Зав.кафедри	Семко О.В.					Кафедра БтаЦІ		