

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 «Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього
заокругленого кута ».

Виконав: студент 6 курсу, групи 601-БП

Норка А.Р.

напряму підготовки (спеціальності)

(192) Будівництво та цивільна інженерія

9555055

Керівник: Юрін О.І.

Рецензент:

Полтава – 2022 року

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. аналіз теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями	6
Висновки по розділу 1	34
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИННИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА	35
Товщина стіни 0,51 м.....	36
ВАРІАНТ 1.	44
ВАРІАНТ 2.	46
ВАРІАНТ 3.	49
ВАРІАНТ 4	52
Товщина стіни 0,38 м.....	55
ВАРІАНТ 1.	65
ВАРІАНТ 2.	67
ВАРІАНТ 3.	70
ВАРІАНТ 4	72
Товщина стіни 0,25 м.....	74
ВАРІАНТ 1.	83
ВАРІАНТ 2.	85
ВАРІАНТ 3.	88
ВАРІАНТ 4	90
Висновки по розділу 2.....	93

					601-БП.9555055.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Норка А.Р.			Дослідження вологісного стану цегляних пілястр	Стадія	Арк.
Перевір.		Юрін О.І.					2
Консульт.		Юрін О.І.				НУІІІ ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ	
Н. Контр.		Юрін О.І.					
Затверд.		Семко О.В.					
						Аркцшів	96

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ЗА

ЗАПРОПОНОВАНИМИ ФОРМУЛАМИ..... 95

3.1. Точність визначення теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту 95

3.2. Точність визначення товщини утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту 97

3.3. Точність визначення мінімально можливого радіусу заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту..... 99

Висновки по розділу 3..... 102

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 103

ЛІТЕРАТУРА 104

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми.

Одним із напрямів підвищення якості житлових і громадських будинків є їх індивідуалізація та оригінальність вигляду. Для підвищення естетичної виразності фасадів використовується багато способів, одним з яких є заокруглення кутів зовнішніх стін. Якщо розглядати заокруглений кут з точки зору будівельної фізики, то він є теплопровідним включенням. Теплозахисні властивості кута менші ніж пласкої стіни. Пояснюється це тим, що площа теплосприйняття (внутрішня поверхня) кута менша ніж площа тепловіддачі (зовнішня поверхня). В той час як на пласкій стіні ці площі однакові. Також у куту спостерігається зменшення температури внутрішньої поверхні внаслідок зменшення конвективної складової теплового потоку. Зменшення цього потоку відбувається внаслідок гальмування потоку повітря у внутрішньої його поверхні. Якщо температура поверхні буде нижче точки роси t на ній буде утворюватися конденсат. Теплозахисні властивості заокругленого кута залежить від властивостей матеріалів шарів зовнішньої стіни та радіусу заокруглення. Прогнозування теплозахисних властивостей заокругленого кута зовнішніх стін є актуальною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота пов'язана з напрямками наукової роботи, що виконується на кафедрі.

Вона також має зв'язок із прийнятим Кабінетом Міністрів в 2006 р., розпорядженням Кабінету Міністрів України №1567 -р від 17.12.2008 р. «Про програми підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів», Законом України «Про енергозбереження».

Мета роботи. Дослідити залежність між теплопровідністю утеплювача (що забезпечує виконання норм теплозахисту) та величиною радіуса заокруглення стіни і товщиною утеплювача.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

Задачі дослідження. Отримати формули, що дозволяють визначити:

- максимально можливу теплопровідність утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту, в залежності від радіусу заокруглення стіни та товщини утеплювача;
- мінімально можливу товщину утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту, в залежності від його теплопровідності та радіусу заокруглення стіни;
- мінімально можливий радіус заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту, в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

Об'єкт дослідження:

Теплозахисні властивості заокругленого кута зовнішньої стіни.

Методи дослідження:

Розрахунки температурних полів ділянки заокруглення кута зовнішньої стіни.

Наукова новизна полягає в отриманні залежності між теплопровідністю утеплювача (що забезпечує виконання норм теплозахисту) та величиною радіуса заокруглення стіни і товщиною утеплювача.

Обсяг та структура роботи. Робота складається з 17 плакатів, пояснювальної записки на 109 сторінках, у тому числі 77 рисунків та 41 таблиці, списку з 35 використаних джерел. Основний текст роботи містить вступ, 3-ри розділи, висновки.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ

В статті [10] Іванченка В.Т. запропоновано розрахунок опору теплопередачі зовнішньої стінової панелі. Зіставлено теоретичний варіант обчислення з практичним. Та на прикладі зовнішньої стінової панелі (ЗСП) показана схема розрахунку двовимірними та тривимірними тепловими полями. Враховано вплив теплопровідних включень. На основі аналізу, виведено ефективність використання розрахунку опору у просторі. На рис. 1.1 зображена комп'ютерна модель температурного поля.

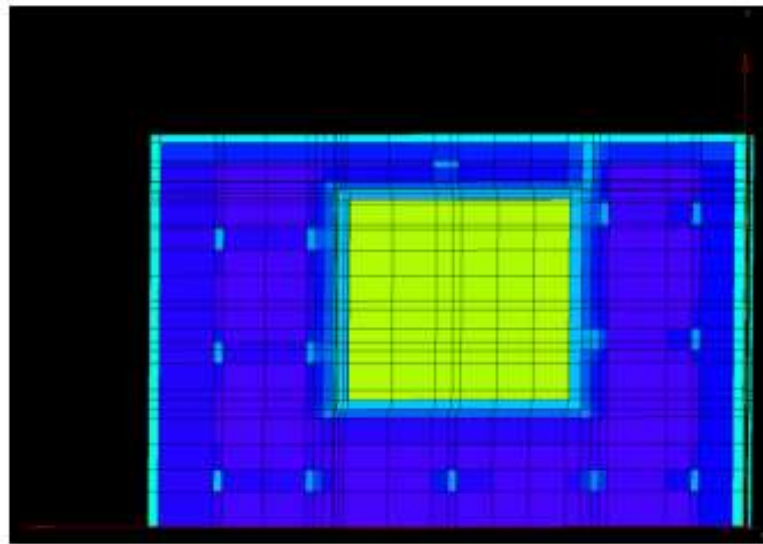


Рис. 1.1 Результати комп'ютерного моделювання температурного поля у тривимірному наближенні зовнішньої стінової панелі

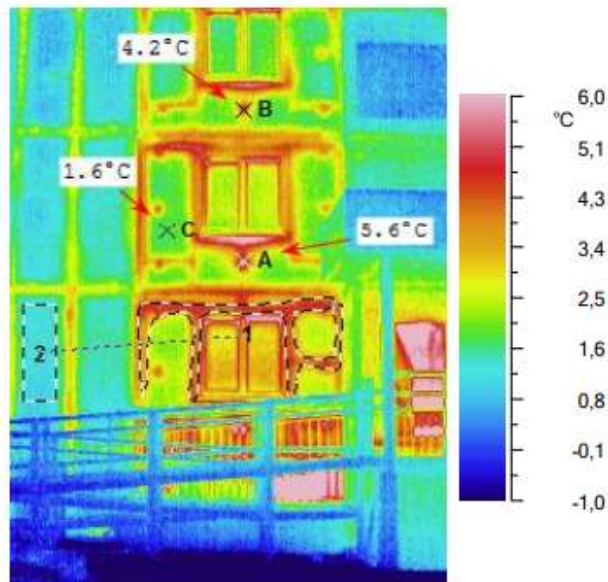


Рис. 1.2 Тепловізійний знімок існуючої стінової панелі

У статті [11] Овяників С. Н. провів аналіз розрахунків тривимірних полів, який дозволяє виявити дефекти теплового захисту та точніше визначити опір теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції. При влаштуванні утеплювача по плоским огорожувальним конструкціям виконують додаткові фартухи, які утеплюють, без цих фартухів спостерігається промерзання в місцях стиків. На прикладі зовнішньої панелі з твердими ребрами виявлена низька температура на поверхні (рис. 1.3), що за тривалого морозного періоду дозволяє очікувати випадання конденсату та утворення плісняви, що часто спостерігається у практиці теплотехнічних обстежень.

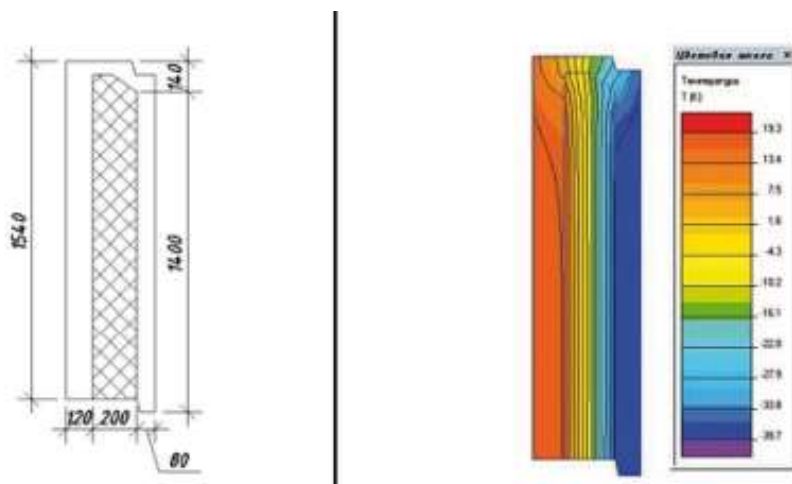


Рис. 1.3 Теплотехнічний аналіз перерізу зовнішньої панелі з керамзитобетону.
з пінополістиролу

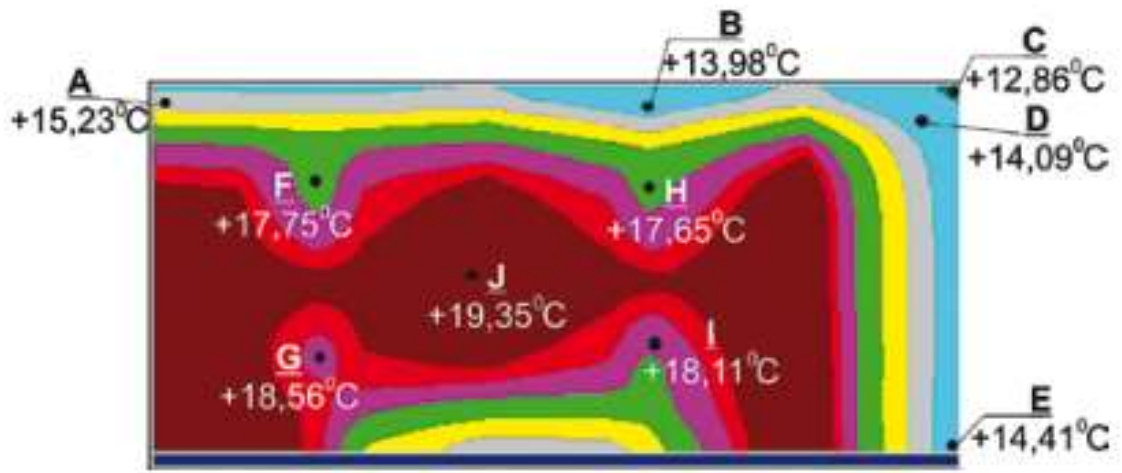


Рис. 1.4 Розподіл температури по внутрішній поверхні керамзитобетонної панелі

У статті [12] Білоус А. Н. проаналізував існуючі методи та методики вирішення питання теплостійкості зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями. Було встановлено, що всім цим роботам характерне рішення одномірного завдання теплостійкості. Одним з можливих методів визначення амплітуди є коливання температури на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції з теплопровідними включеннями. Однак дане рішення викликає труднощі, тому що перекладає вказаний розрахунок з інженерного до наукового і, отже, не може бути рекомендований до практичного застосування. Другим варіантом вирішення даної задачі пропонувалося застосування коефіцієнта збіжності α , який можна отримати на практиці. Вибором значення коефіцієнта можна врахувати вплив теплопровідного включення на середнє значення температури на поверхні залежно від конструкції огорожувальної конструкції. При аналізі конструктивних рішень зовнішніх конструкцій, було виявлено особливості впливу теплопровідних включень на середню амплітуду коливання на внутрішній поверхні. У схемах із розташуванням теплопровідного включення біля зовнішньої грані або із наскрізним, бачимо мізерний вплив амплітуди коливання теплопровідного включення на середню амплітуду по поверхні конструкції. Найбільший рівень впливу надає схема з наскрізним розташуванням теплопровідного включення. На підставі порівняння та аналізу

виявлено, що при побудові коливання середньої температури на внутрішню поверхню, перевага надається методу з коефіцієнтом збіжності.

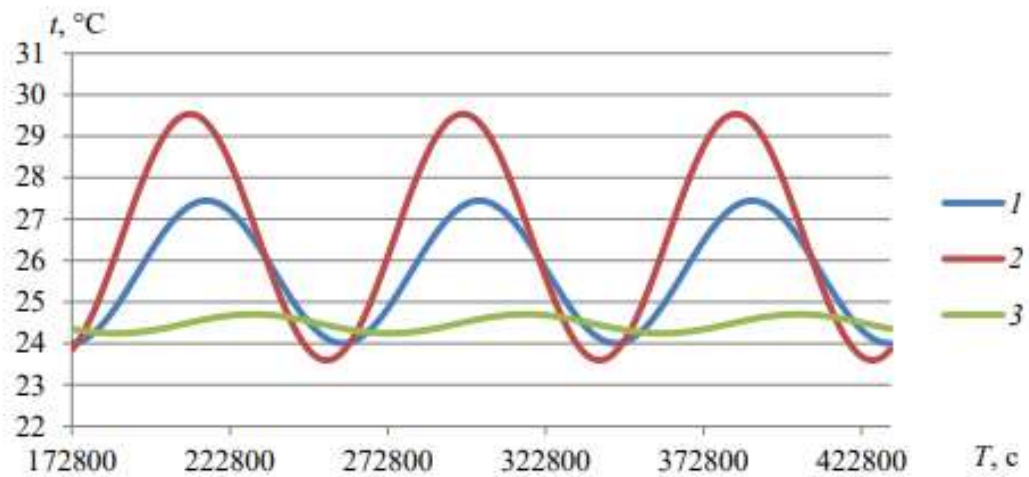
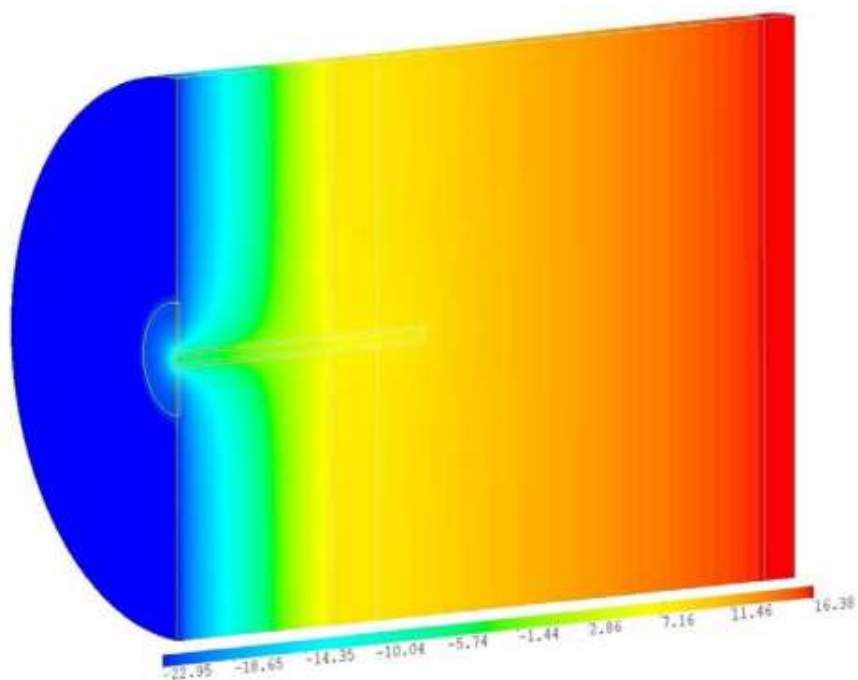


Рис. 1.5 Амплітуда коливання температур на внутрішній поверхні в місті:
1 – середньої поверхні; 2 – теплопровідного включення; 3 – однорідної поверхні

У статті [13] Протасович А.М. розробив класифікацію фасадних систем, які вентилуються та зовнішніх стін будівель з вентильованим прошарком повітрям, що дозволяє виконати попередню оцінку при ухваленні рішення щодо проектування вентиляційних фасадних систем утеплення для різних будівель. Особливу увагу в даній статті приділено необхідності ретельного підходу до вирішення питань щодо захисту теплоізоляції вентиляційних фасадних систем від фільтрації в їхній товщі зовнішнього повітря. Показано результати розрахунків коефіцієнтів теплотехнічної однорідності зовнішніх стін із вентиляційних фасадних систем утеплення з різною кількістю теплопровідних включень. Внаслідок впливу елементів кріплення екранів та шару теплоізоляції може бути знижено рівень теплозахисту зовнішньої стіни до 50%.

А)



Б)

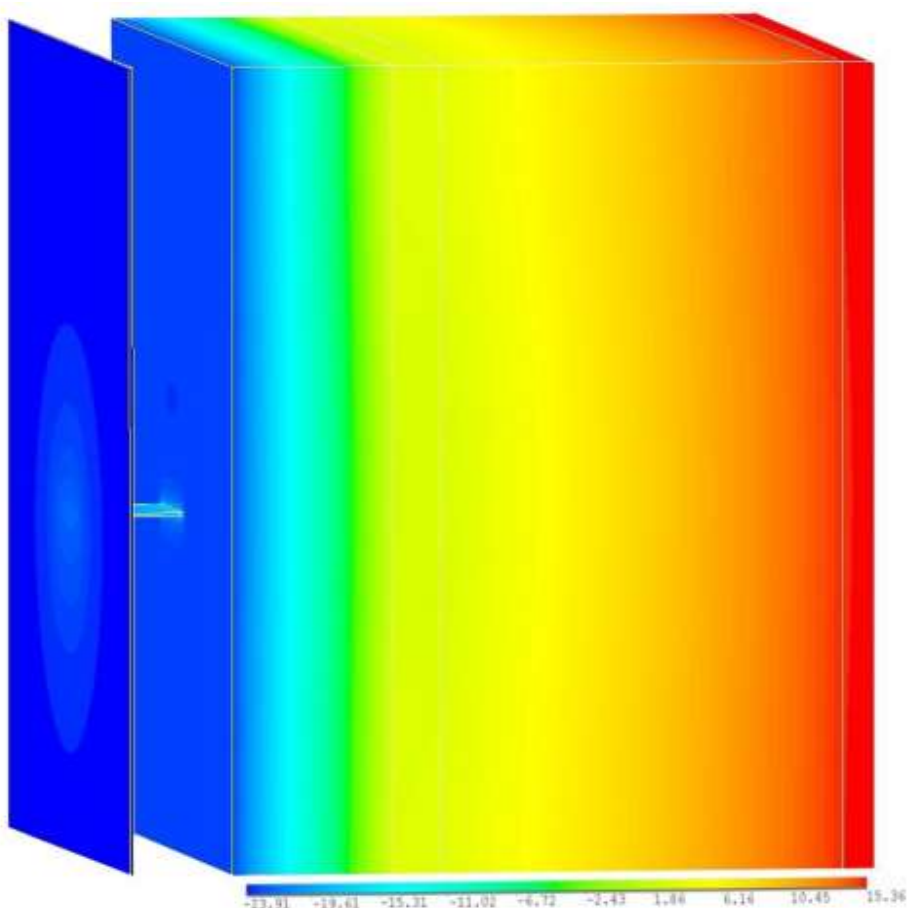


Рис. 1.6 Поля температур (t , °C) фрагментів зовнішньої стіни з вентиляційних фасадних систем утеплення: А – дюбель з металевим осердям кріплення шару теплоізоляції; Б – кронштейн з анкером кріплення захисного екрану

У статті [14] В'язової Т. розглянуто основні положення методів розрахунку приведенного опору теплопередачі, які враховують точкові теплопровідні включення лінійні та плоскі. У роботі порівнюються аналізи результатів розрахунку приведенного опору теплопередачі з побудовою двовимірних та тривимірних температурних полів. Розрахунок приведенного опору теплопередачі виявив, що побудова двовимірних полів дає занижену картину розподілу температури та значення наведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції. Тривимірні поля описують фактичний розмір теплопровідних включень, отже, дають найбільш повну картину розподілу температурних полів та значення наведеного опору теплопередачі. При визначенні приведенного опору теплопередачі необхідно враховувати об'ємні теплопровідні включення, опір яких визначається за допомогою побудови температурних тривимірних полів.

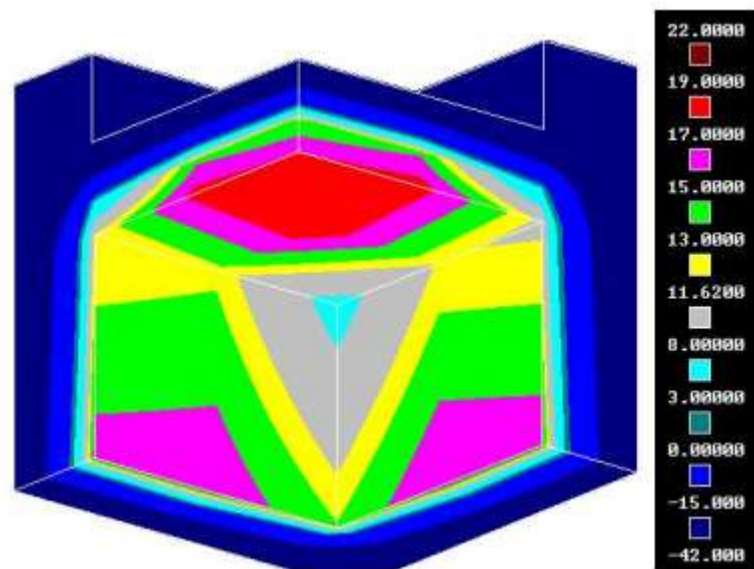


Рис. 1.7. Парапетний вузол, розподіл температурних полів

У статті [15] Тусніна О. А. розглядаються дві конструктивні системи - традиційна, що отримала поширення практично і нова, запропонована авторами, система, у якій вертикальні напрямні замінені перфорованими свічками з антикорозійної сталі, а кріплення керамогранітних плит здійснюється в вузлових точках за допомогою вузьких пластин, які встановлюються на обрешітці на певній відстані (клямери). Також виконували теплотехнічний розрахунок обох систем у обчислювальному комплексі TEPЛ, який реалізує вирішення задачі тривимірної

стаціонарної теплопровідності. За результатами розрахунку порівнювалися величини приведених опорів теплопередачі та коефіцієнти теплотехнічної однорідності конструкцій, що розглядаються. Визначено, що у порівнянні з традиційною системою розроблена система має кращі теплотехнічні властивості (підвищеним опором теплопередачі).

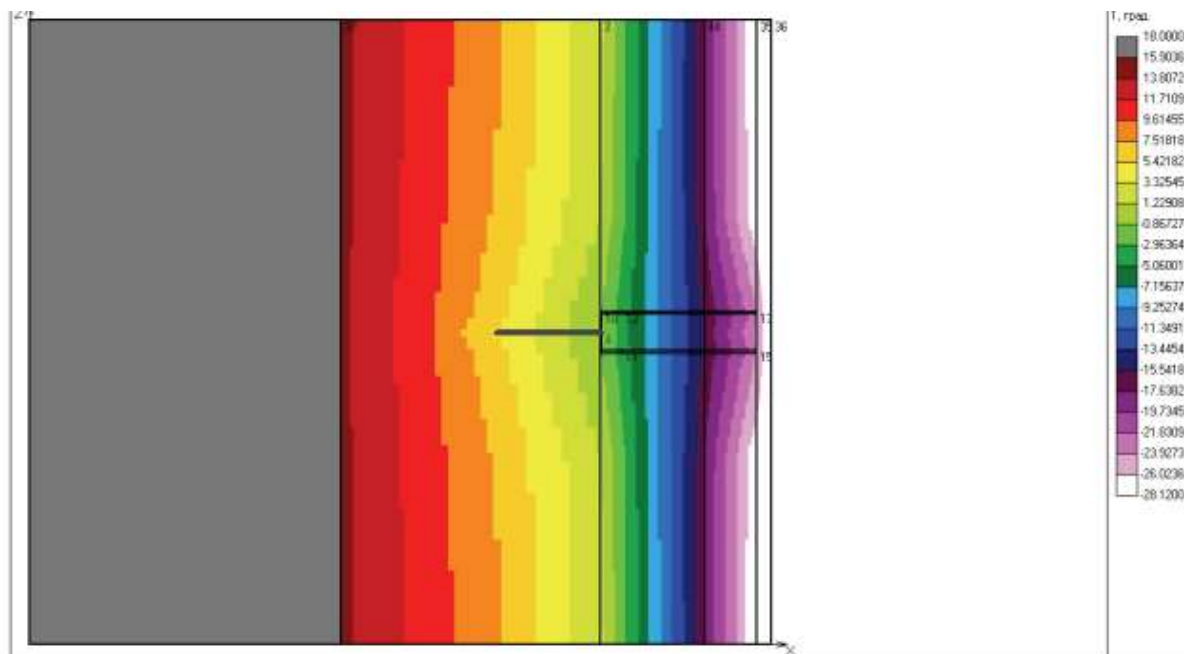


Рис. 1.8 Температурні поля в традиційній системі через кронштейн встановлений в зовнішній огорожувальній конструкції

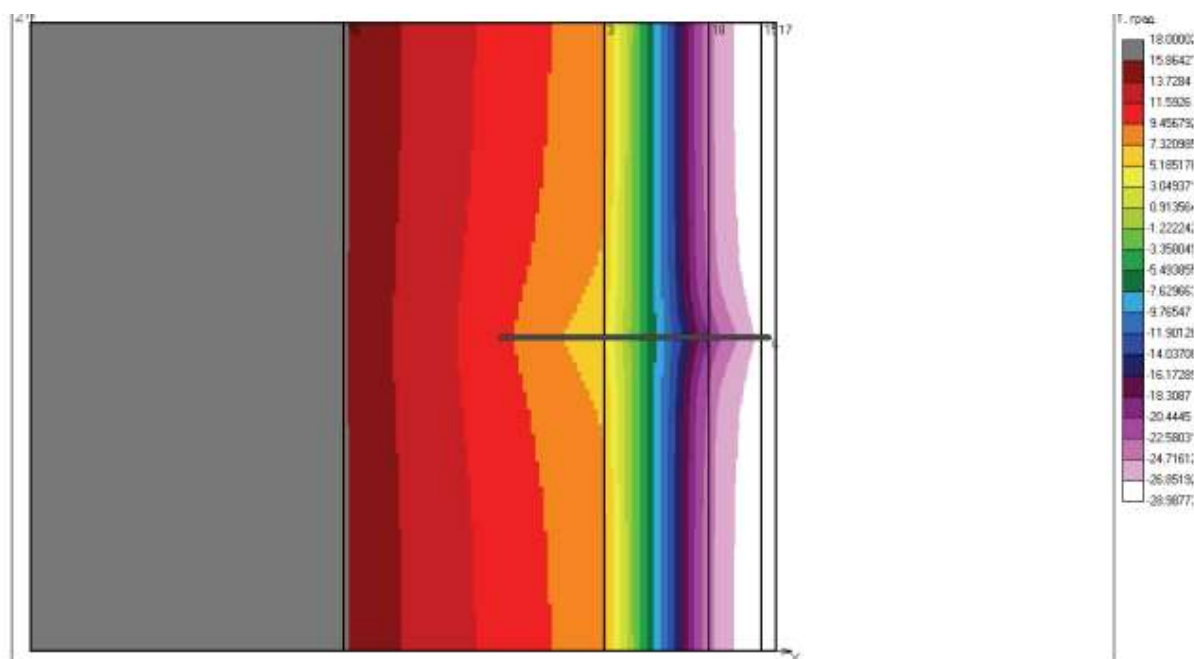


Рис. 1.9 Температурні поля в розробленій авторами системі через анкерно-різьбову шпильку

У статті [16] Козлобродова О. М. на основі чисельних рішень стаціонарних трьох вимірних рівнянь теплопровідності, що враховують відмінність властивостей середовища (анізотропію) матеріалів, що використовуються, проводиться дослідження процесів просторового теплоперенесення в багатошаровій стіні з профільованого дерев'яного бруса з утеплюючими вставками та поперечним кріпленням конекторами зовнішньої та внутрішньої ламелей з використанням програмного комплексу ANSYS. Також показаний аналіз впливу конекторів з різними геометричними розмірами та теплофізичними властивостями на полі температури та полі теплових потоків у конструкції стіни, і визначені межі області їх впливу на різних напрямках.

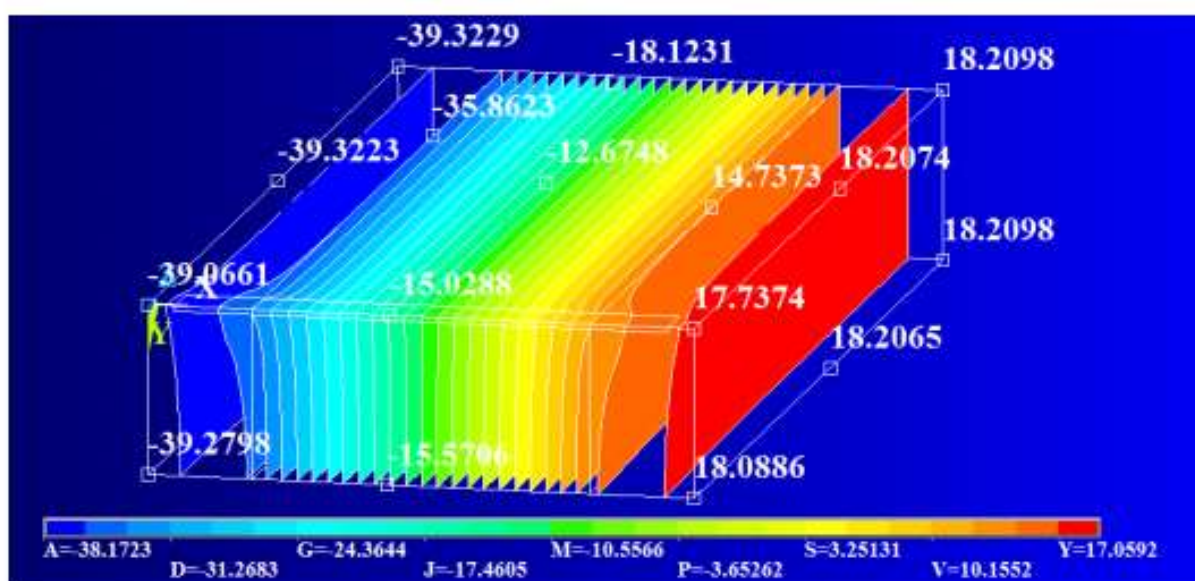


Рис. 1.10 Температурне поле в розрахунковому фрагменті стіни з конектором із пластику

У статті [17] Кулумбігова Л. З. розглядається питання теплостійкості зовнішніх конструкцій житлових будівель виконаних за каркасно-щитовою схемою. Головною особливістю каркасно-щитових будівель є значний ступінь неоднорідності зовнішніх огорожувальних конструкцій. У таких щитах наявна велика кількість ригелів, стійок, перемичок, а також зв'язкових елементів. При цьому не варто забувати про лінійні теплопровідні включення, викликані формою будівлі у зовнішніх і внутрішніх кутах будівлі, дверних, балконах, віконних укосах і цокольних вузлах. Також були розглянуті два характерні вузли сполучення для будівель, виконаних по каркасно-

щитового методу, з двома видами каркасу: з легких тонкостінних конструкцій профілів та дерев'яних цільних брусів.

За результатами аналізів отриманих значень у модулі Simulation програмного комплексу SolidWorks, мінімальних та максимальних значень температур на внутрішній поверхні в часі була побудована схема розподілу коливання амплітуд для двох розрахункових схем: зовнішнього кута будівлі та вузла сполучення перекриття та стіни з легких тонкостінних конструкцій та дерев'яним каркасом щитової панелі. Встановлено, що в зоні теплопровідних включень конструкція перевищує у 5 та 3 рази максимально допустиме нормативне значення для легких тонкостінних конструкцій та дерев'яних профілів відповідно, що не відповідає нормативним вимогам.

Також під час аналізу розподілу температур у часі досліджуваної моделі вузла сполучення перекриття та стіни були виявлені коливання температури та конструкції перекриття. Так для каркасних будівель із щитів, виконаних з легких тонкостінних конструкцій профілю, зона коливання температури викликала обурення на відстань близько 200 мм у глиб приміщення. Для каркасних будівель, виконаних із щитів із дерев'яним каркасом, дана зона обурення склала приблизно 100 мм.

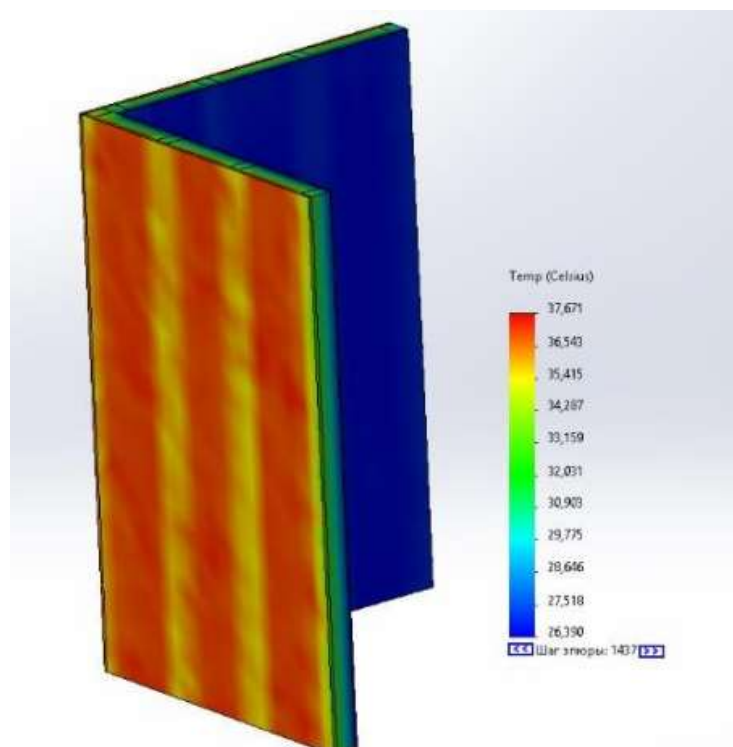


Рис. 1.11 Візуалізація результатів моделювання нестационарного теплового режиму для розрахункових схем зовнішнього кута будівлі з дерев'яним каркасом щитової панелі

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

У статті [18] Данилова Н.Д. проведено чисельний аналіз з використанням програми розрахунку тривимірних температурних полів фрагмента стику стіни та цокольного перекриття будівлі з підпіллями, що провітрюються. Розглянуто декілька варіантів з кладкою з дрібних бетонних блоків з перекриття та без теплопровідних включень. За результатами розрахунків виявлено, що при використанні фасадних залізобетонних панелей значно покращується температурний режим у зоні стику конструкцій, а також знижуються втрати тепла.

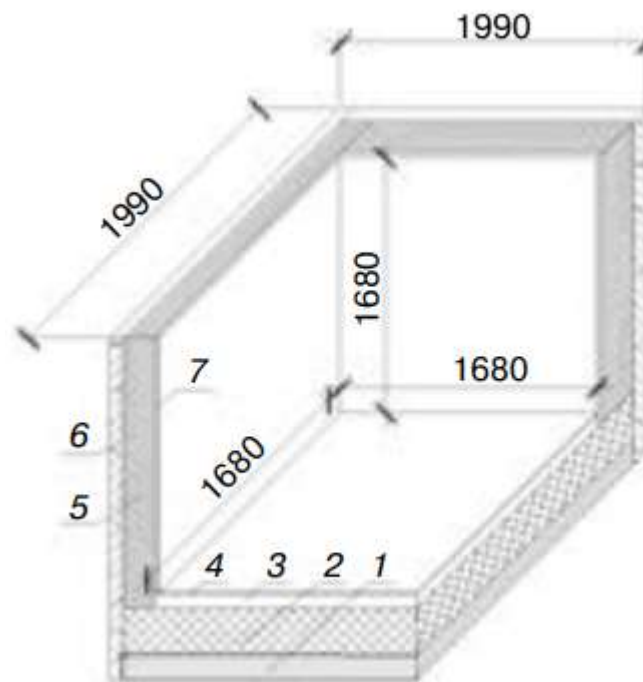


Рис. 1.12 Просторовий фрагмент огородження: 1 – монолітне залізобетонне перекриття; 2 - утеплювач з пінополістиролу; 3 – цементно-піщана стяжка; 4 – лінолеум; 5 – утеплювач стіни з пінополістиролу; 6 – залізобетонна панель; 7 – штукатурка з цементно-піщаного розчину по сітці, натягнутою на конекторах

Стаття [19] Долматова С. Н. пов'язана з підвищенням енергозберігаючих якостей об'єктів житлового та комунального будівництва. Це завдання є актуальним для індивідуального малоповерхового будівництва при використанні недорогих будівельних матеріалів з місцевої сировини. Дерев'яно-цементні композити дозволяють зводити огорожувальні конструкції з високими теплотехнічними показниками. Відповідно, вирішується проблема екологічного комплексного використання сировини. У ході досліджень визначався вплив теплопровідних включень у вигляді сталевих елементів кріплення на показники теплової

ефективності огорожувальних конструкцій з деревно-цементного композиту (арболіту та опілкобетону). Дана робота базувалася на застосуванні методів фізичного моделювання (метод кінцевих елементів), реалізованих у програмному комплексі Elcut. Вплив теплопровідних включень у вигляді металевих кріпильних елементів на теплові втрати огорожувальної конструкції з деревоцементного композиту досягає 43...58% від величини теплових втрат конструкції без теплопровідних включень. Металеві елементи кріплення, маючи температуру нижче температури точки роси, що інтенсивно звожуються, мають процес корозії і сприяють зволоженню конструктивних елементів, що перебувають з ними в контакті, що створює умови для розвитку грибів та цвілі. Також конструкції виготовлених із дерев'яно-цементних композитів можна використовувати при проектуванні та експлуатації будівельних конструкцій.

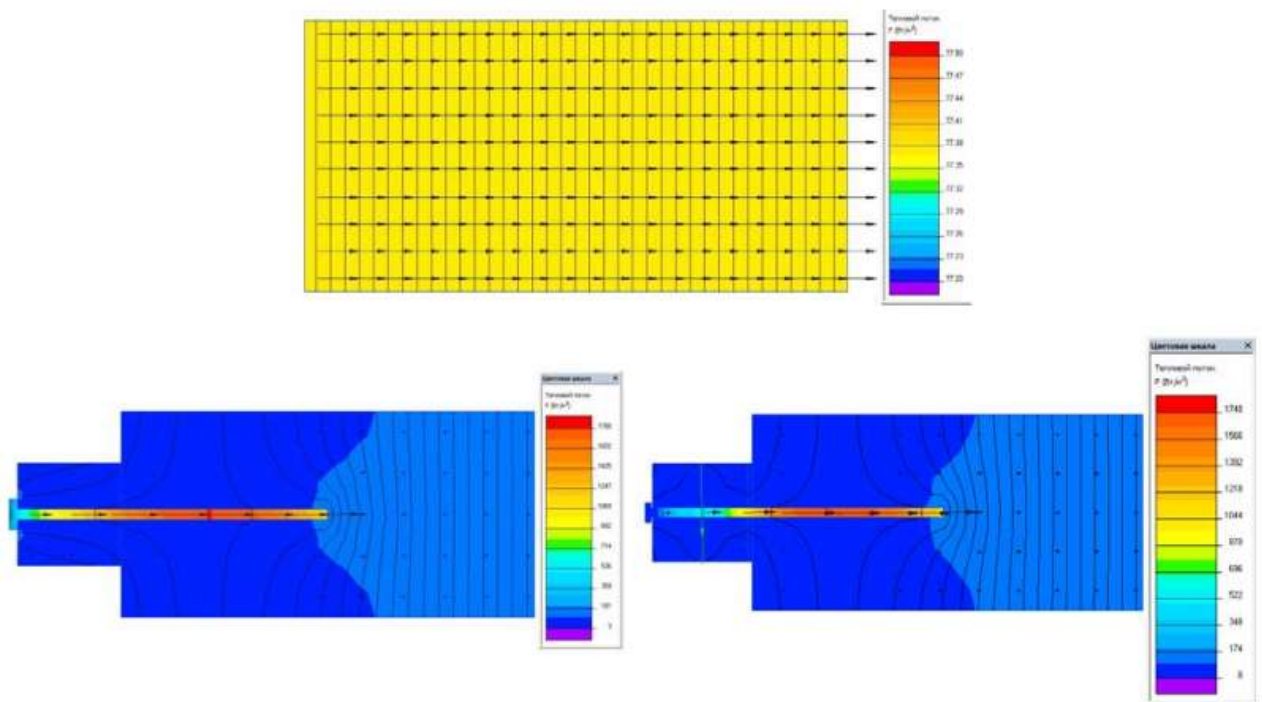


Рис. 1.13 Вектори теплового випромінювання та величина теплового потоку у програмному комплексі Elcut (вгорі – суцільне тіло дициклогексилкарбодіімід, по центру – брусок із сосни 50×50 мм із кріпленням до стіни з дициклогексилкарбодіімідом цвяхом 150 мм.), внизу – брусок із сосни 50×50 мм кріпленням до стіни з повітряним зазором 3 мм)

У статті [20] Сурсанова Д. Н. розглядається методика фрагмента огорожувальної конструкції на прикладі тришарової стінової панелі з таумаліту оцінюється приведений опір теплопередачі. Показано короткий теоретичний огляд елементного підходу до розрахунку питомої втрати теплоти через лінійні, плоскі та точкові елементи фрагменту огорожувальної конструкції. Також детально розглянуто два випадки розрахунку лінійних питомих втрат теплоти на прикладі вузла стику стін різної товщини та підвіконного вузла. До прикладу наведено фрагмент огорожувальної конструкції - тришарова не несуча стінова панель. Відповідно вимогам методики розрахунку панель була розділена на один плоский та п'ять лінійних елементів, визначили геометричні характеристики для кожного виду елемента. Модель температурних полів здійснювалась у програмному комплексі ANSYS Workbench 16.1, а геометрична модель була створена за допомогою програмного комплексу AutoCAD 2010, створення кінцево-елементних моделей та завдання відповідних граничних умов були збудовані температурні поля кожного з п'яти лінійних елементів. В результаті були визначені питомі втрати теплоти щодо кожного з елементів. Також під час аналізу було визначено найбільш «слабкі», з точки зору теплового захисту, ділянки стінової панелі, які необхідно доопрацювати. В якості проблемних вказані питання використання нерегулярної сітки кінцевих елементів для розрахунку середньої температури поверхні огорожувальної конструкції, а також відсутність у СП 50.13330.2012 критерію, який при розгляді лінійного елемента визначає розміри зони впливу теплопровідного включення.

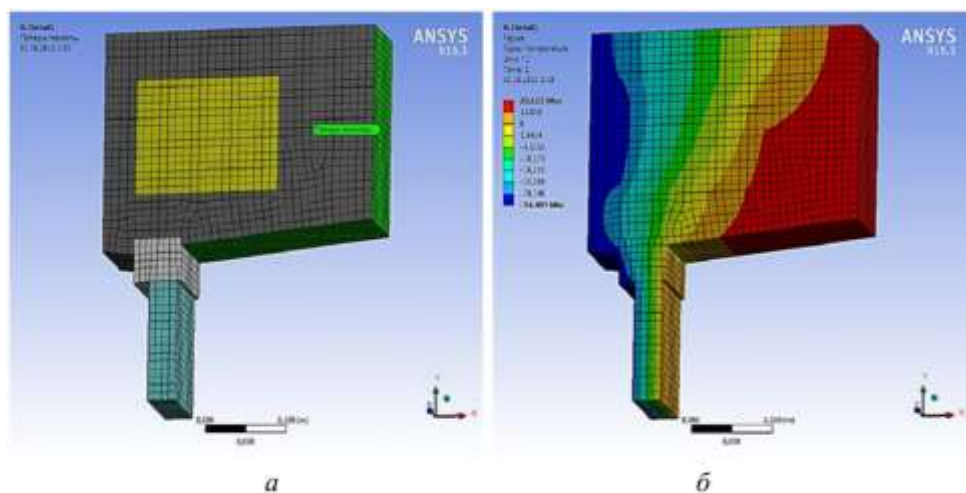


Рис. 1.14 Лінійний елемент а – скінчено-елементна модель; б – температурне поле моделі

У статті [21] Давидюк О. О. провів дослідження впливу теплопровідних включень на приведений опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій (багатошарових стін) на основі легких бетонів та на склоподібних наповнювачах. Також було встановлені товщини конструкцій зовнішніх багатошарових стін з використанням блоків з легких бетонів щільністю Д600–Д700 для їх застосування без додаткового утеплення в кліматичних умовах.

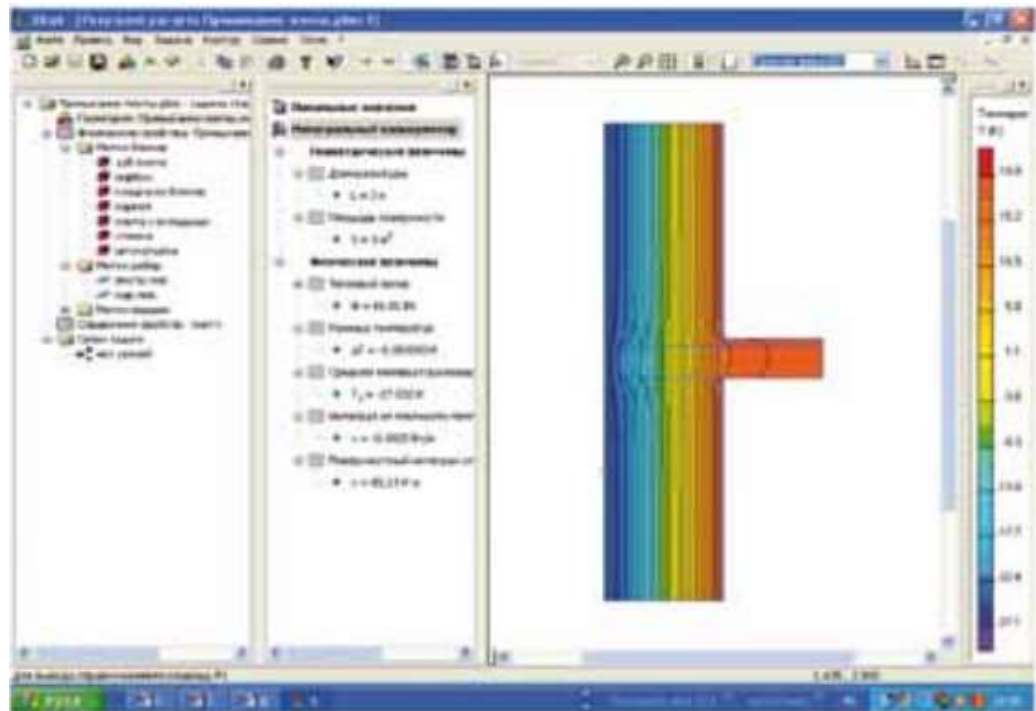


Рис. 1.15 Результати розрахунків в програмному комплексі ELCUT

В даній статті [22] Мисірова А.М. досліджується вплив кріпильних елементів каркасу вентиляованого фасаду на теплові втрати будівлі, а також чисельна оцінка цих втрат, на прикладі 7-поверхового житлового будинку. Додаткові тепловтрати через теплотехнічну неоднорідність вентиляованого фасаду визначалися шляхом моделювання температурного поля розрахункової ділянки фасаду у програмному комплексі ELCUT

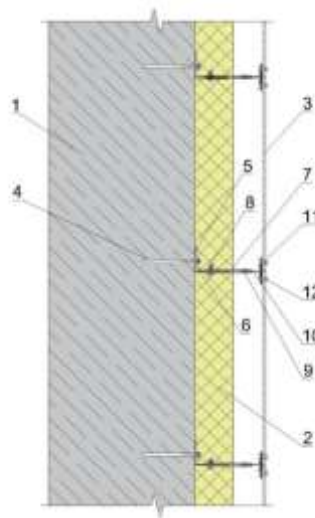


Рис. 1.16 Схема пристрою розрахункового вузла:

1-несуча стіна; 2 - теплоізоляційний шар; 3-фасадна панель;
4 анкерний дюбель; 5- термопрокладка; 6 кронштейн кріпильного каркаса;
7- подовжувач кронштейна; 8 - болт, гайка, шайба; 9- заклепка витяжна;
10-напрямна вертикальна; 11 - клямерна пластина; 12- клямер

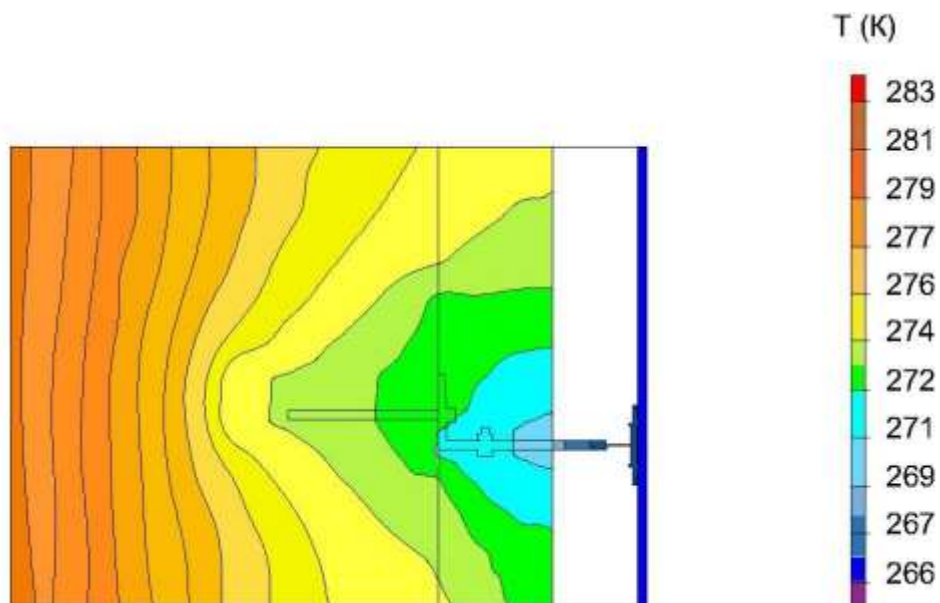


Рис. 1.17 Температурне поле розрахункового вузла

У статті [23] Шабаєвої Г. М. було виявлено, що волого-вітрозахисна мембрана не призводить до підвищення довговічності утеплювача у зовнішній огорожувальній конструкції. У зв'язку з умовами експлуатації мембрана швидко втрачає захисні властивості та працює як непроникна плівка, що в результаті призводить до погіршення властивостей утеплювача. Наявність теплопровідних включень у вигляді

деталей кріплення кардинально змінює картину температурного поля зовнішньої огорожувальної конструкції. Враховуючи коефіцієнт теплотехнічної неоднорідності при проектуванні дозволить покращити теплозахисні властивості огорожувальної конструкції, але призведе до збільшення вартості будівництва.

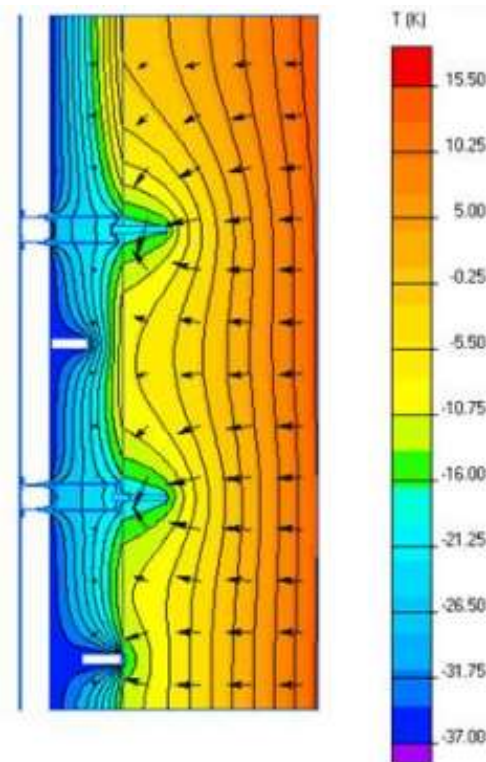


Рис. 1.18 Температурне поле зовнішньої стіни з навісним вентиляльованим фасадом з дефектами монтажу (вертикальний розріз)

У статті [24] Косих П.А. розглядається вплив металевих теплопровідних включень (товщиною 0,05 – 2 мм) в супереч теплопередачі огорожувальних конструкцій. Було проведене порівняння результатів інженерної методики розрахунку теплопередачі з результатами комп'ютерного моделювання в програмному комплексі ANSYS. Також був виконаний аналіз залежності теплового опору від вхідних параметрів, що дозволяють узагальнити результати формулою.

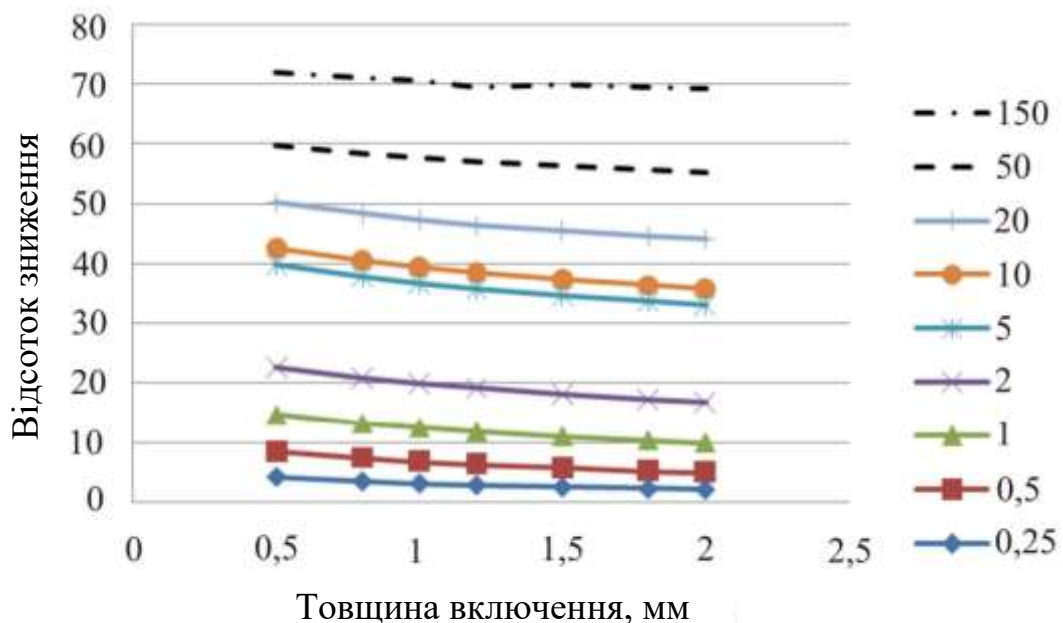


Рис. 1.19 Відсоток зниження теплового опору

У статті [25] Лещенка М. В. розглядаються стінові панелі на основі легких сталевих тонкостінних конструкцій з використанням, як утеплювач, полістирол бетону. Використання цього матеріалу дозволить вирішити проблему «містків холоду» в панелі, максимально ізолювати несучий профіль, мінімізувати тепловтрати конструкції та підвищити енергоефективність будівлі загалом. Були визначені міцність та коефіцієнт теплопровідності для полістирол бетонів щільністю 300...1300 кг/м³. За результатами стало відомо, що чим більша щільності полістирол бетону (в 4.1 рази), тим більше підвищується коефіцієнт теплопровідності (у 3.7 рази), що становить практично лінійну залежність. Для зразків різної щільності було зафіксовано розкид значень деформацій при стисканні. Показано, що для полістирол бетонів низької щільності характеризується великою кількістю деформацій. Також були виготовлені експериментальні зразки стінових панелей та в лабораторних умовах визначено їх опір теплопередачі. Встановлено, що наявність у стіновій конструкції теплопровідного включення призводить до зниження опору теплопередачі до 50%. Запропоновано використовувати як зовнішнє облицювання стіновий профільований настил. При цьому необхідно конструювати стіну таким чином, щоб хвиля профнастилу була розташована навпроти теплопровідного включення. Проміжок, який утворюється між профілем та настилом, заповнюється

полістирол бетоном і служить у ролі термопрокладки. Такий метод підвищення енергоефективності стінових конструкцій з легких тонкостінних конструкцій та полістирол бетону вимагає додаткових витрат та є виключно конструктивним. При збільшенні висоти хвилі профільованого настилу вплив теплопровідного включення зменшується прямо пропорційно. Експериментально та теоретично доведено ефективність запропонованого методу.

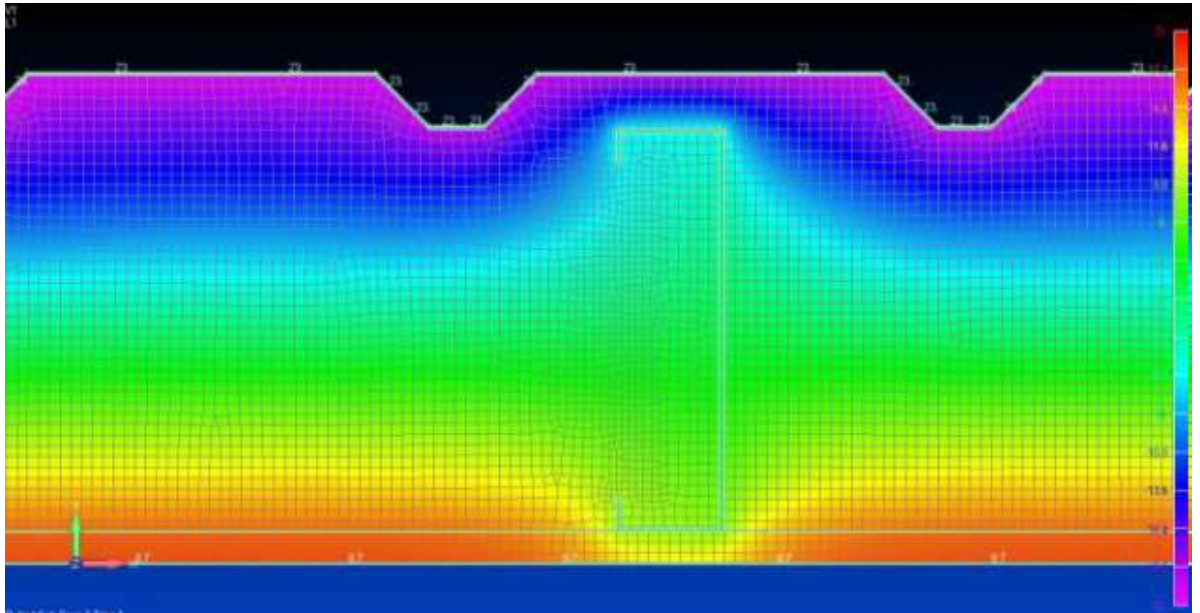


Рис. 1.20 Температурне поле для зразка з теплопровідним включенням

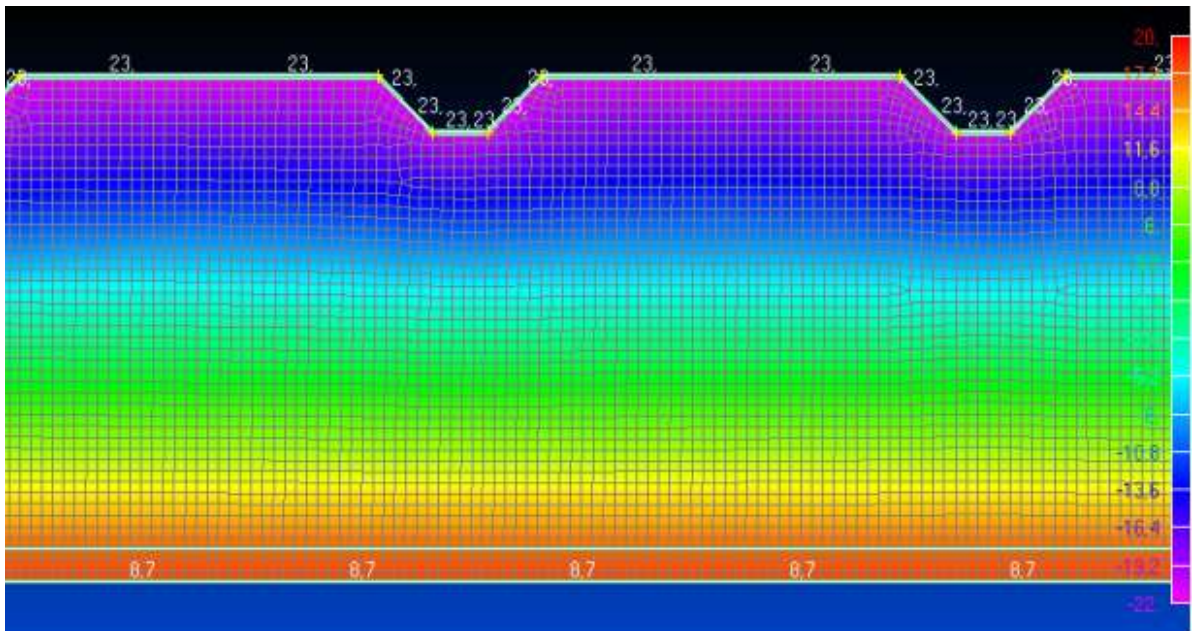


Рис. 1.21 Температурне поле для еталонного зразка

У статті [26] Дмитренко Є. А. був проведений аналіз різних конструктивних варіантів утеплення несучих конструкцій залізобетонного силосу. На підставі аналізу

вибрано оптимальний варіант розташування утеплювача за мінімальним температурним перепадом у товщі стіни. Розглянуто питання, і встановлені фактори, що впливають на вологісний стін залізобетонного силосу. Виконано оцінку впливу теплопровідних включень на тепловологісні характеристики огорожувальних конструкцій споруди. Також виконано оцінку температурних перепадів у товщі стіни силосу. Розраховані температурно-вологісні моменти для різних варіантів конструювання, та підрахований відсоток накопичення вологи конструкцією за період часу.

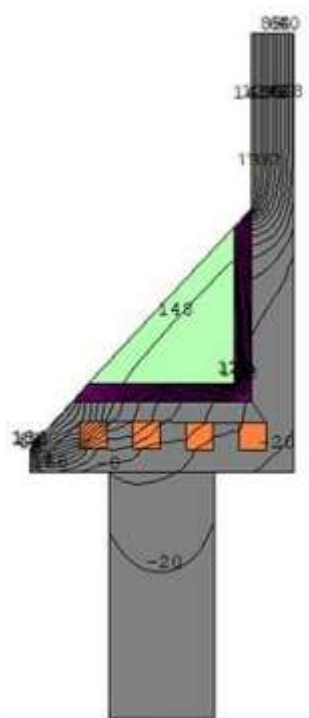


Рис. 1.22 Моделювання температурних полів у конструкції із застосуванням утеплювача у плиті

У статті [27] Рибак М. М. розглядається проблема малої вивченості тепловологісного режиму крайових зон огорожувальних конструкцій будівлі, таких як віконний укіс. В якості обґрунтування необхідності проведення подібних досліджень визначається вплив конструкцій навісної фасадної системи на величину додаткової теплової потужності потоку через віконний укіс. За допомогою комп'ютерного моделювання температурного поля можна визначити значення додаткової потужності теплового потоку через вузол віконного укосу при влаштуванні укосу з оцинкованої сталі та з алюміній-пластикової композитної панелі,

оскільки ці варіанти є найпоширенішими під час влаштуванні навісної фасадної системи. Моделювання проводилось для тривимірного вузла укосу, так як дана зона має велику кількість точкових теплопровідних включень, які необхідно моделювати лише у форматі 3d за вимогами СП 50.13330.2012 "Тепловий захист будівель". За результатами моделювання проводиться оцінка впливу конструкцій навісної фасадної системи на величину додаткової теплової потужності потоку через віконний укіс на основі порівняння зі значеннями при влаштуванні штукатурного фасаду, оскільки штукатурний фасад не має включень, властивих навісній системі.

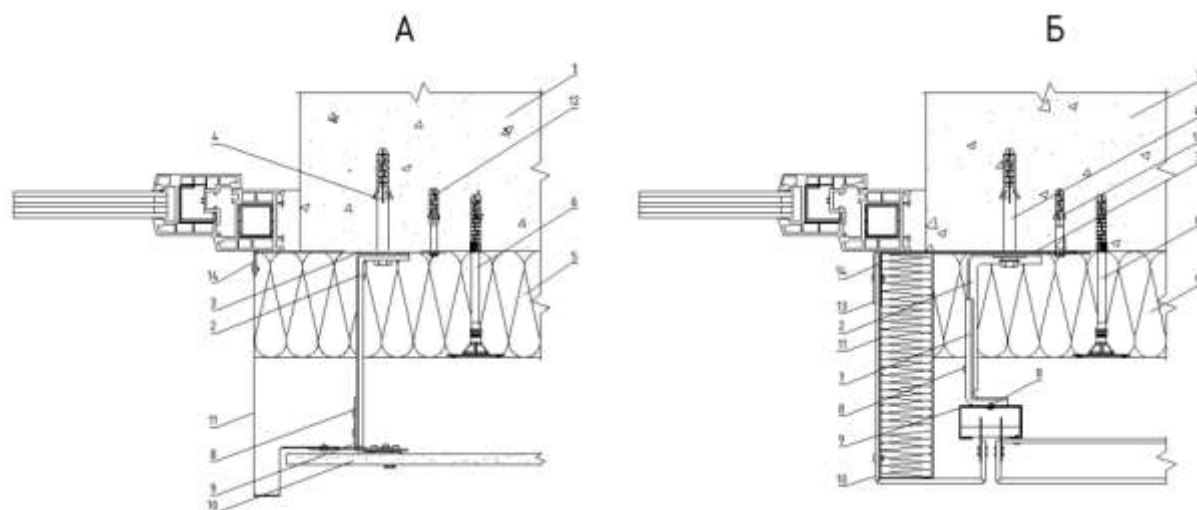


Рис. 1.23 Схеми віконних укосів: А – укіс із оцинкованої сталі; Б - укіс з алюмінійово-пластикової композитної панелі. 1 – основа; 2 – кронштейн несучий; 3 – термоізолююча прокладка; 4 – анкерний дюбель; 5 – теплоізоляційна мінераловатна плита; 6 – тарілчастий дюбель; 7 – подовжувач кронштейна; 8 – заклепка витяжна; 9 – профіль несучий; 10 - облицювальний екран; 11 – протипожежний короб із оцинкованої сталі; 12 - дюбель-цвях; 13 – куточок із оцинкованої сталі; 14 – смуга із оцинкованої сталі (розроблено автором)

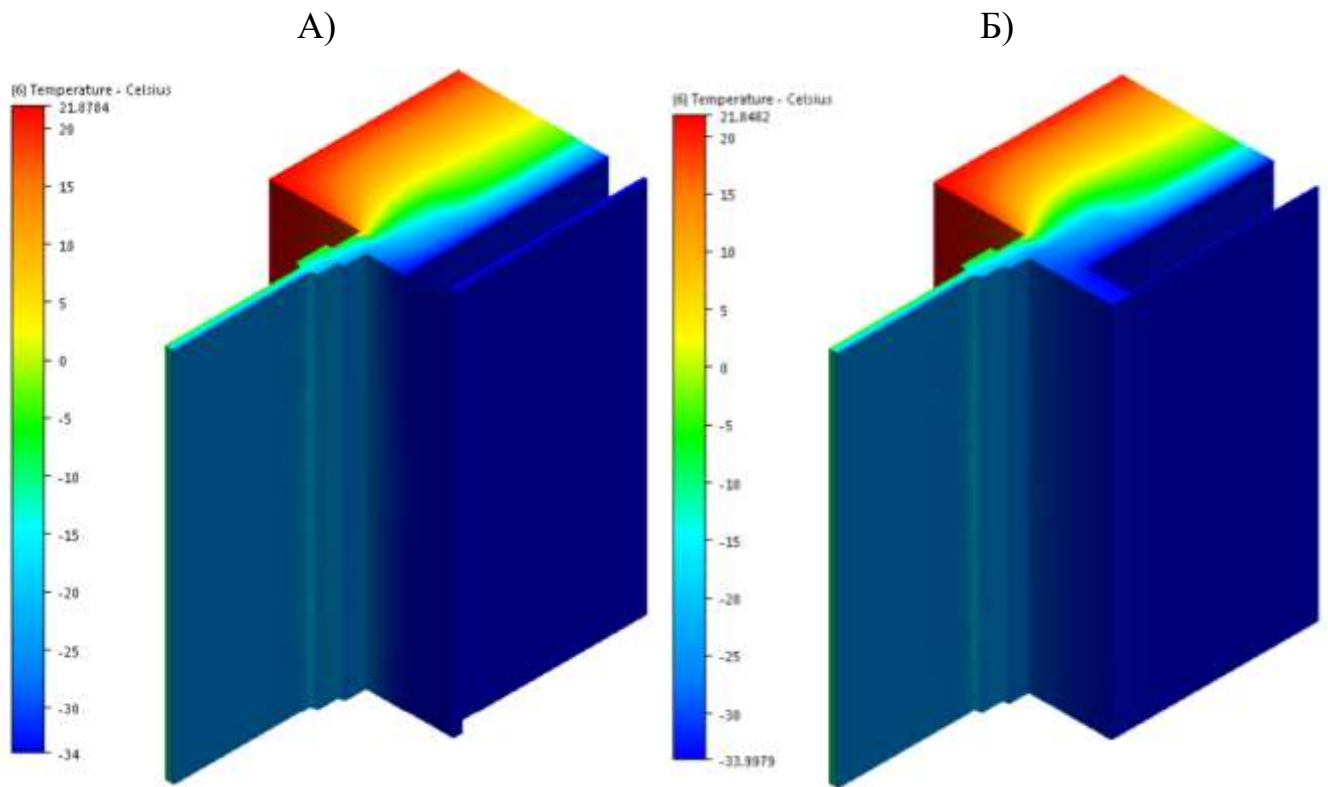


Рис. 1.24 Температурні поля: А - температурне поле укосу з оцинкованої сталі (розроблено автором); Б - температурне поле укосу з алюмінійово-пластикової композитної панелі (розроблено автором)

Стаття [28] Сулейманова К. А. пов'язана з розробкою та проектуванням енергоефективної дворядної газо бетонної кладка для зведення огорожувальних стінових конструкцій, що має мінімальну кількість наскрізних швів. Для визначення впливу наскрізних швів на теплотехнічні показники кладки, отже були запроєктовані моделі конструкції ділянки наскрізного шва і ділянки перев'язки блоків. Після проведення розрахункових та експериментальних досліджень та обробки результатів встановлено, що зменшення кількості наскрізних горизонтальних швів підвищують енергоефективність стінових конструкцій на 10 ... 30%.

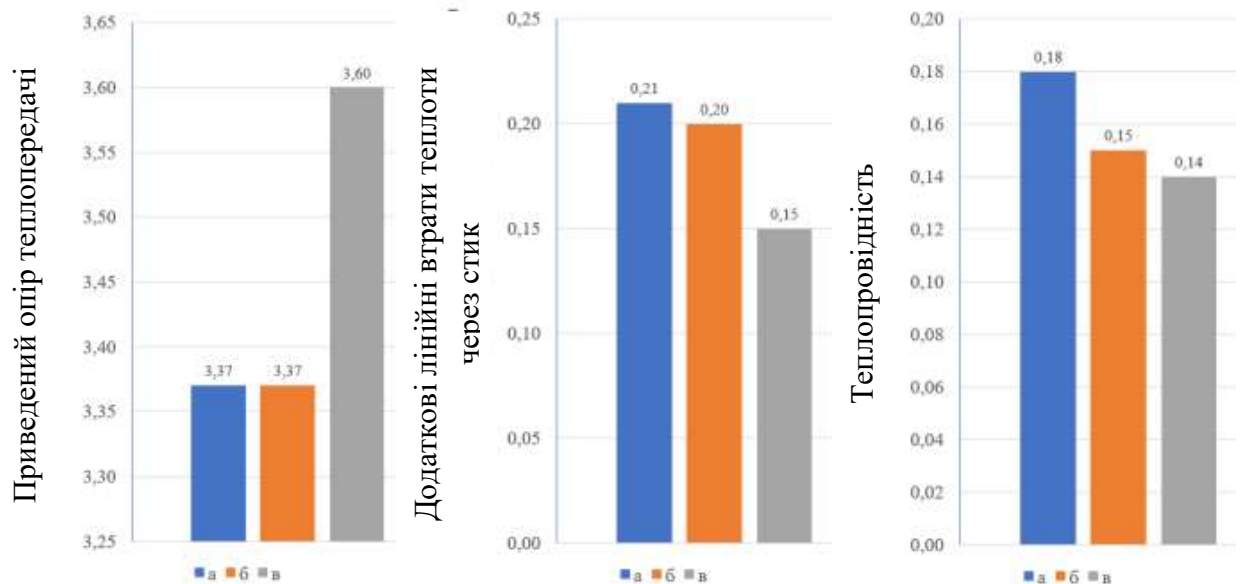


Рис. 1.25 Середні значення основних теплотехнічних показників дослідження дворядних стінових конструкцій з пористих блоків: а – газо бетонна кладка з поперечною перев'язкою через ряд; б – енергоефективна кладка на тонкошаровому клейовому розчині; в – енергоефективна кладка на поліуретановому клеї

У наступній статті [29] Єлохова О. піднімається питання необхідності обліку теплових мостів внаслідок нововведених нормативних документів, проте виникає проблема у відсутності коректних методик їхнього розрахунку. У цій статті виявлено основні відмінності європейських методик, запропоновано розрахункову методику, що спирається на європейські нормативні документи та дозволяє розраховувати теплопровідні включення за допомогою таких інструментів, як програми розрахунку температурних полів HEAT2/HEAT3 та Пакет проектування пасивного будинку.

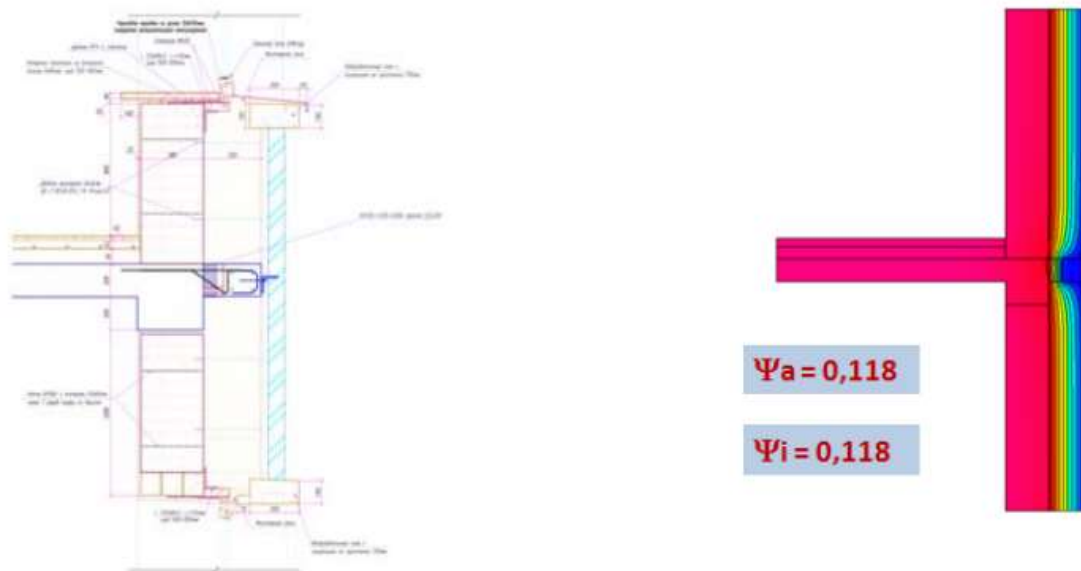


Рис. 1.26 Примикання залізобетонної консолі до зовнішньої стіни через несучий теплоізоляційний елемент в зоні міжповерхового перекриття

У дослідженні [30] Ібе К. Є. проведено оцінку панельних будинків різних поколінь щодо теплових втрат. З метою виявлення характерних місць виникнення теплових потоків, і дефектів, які впливають на тепловий захист було зроблено візуальний огляд об'єктів та дослідження за допомогою теплової зйомки. Виявили проблеми конструкцій таких будівель. Також провели розрахунок структурних вузлів, дослідили причини освіти нерівномірного температурного поля у цих вузлах, і, як наслідок, появи температурного потоку через містки холоду, що веде до виникнення великих теплових втрат. Під час досліджень використовували програмний комплекс ElCut для розрахунку температурних полів. У статті здійснено розрахунок приведенного термічного опору огорожувальної конструкції шляхом обчислення теплових втрат через плоскі елементи фасаду, а також лінійні неоднорідності. Встановили, що на величину теплових втрат площа скління впливає більшою мірою, ніж лінійні теплопровідні включення. Під час дослідження була виявлена досконалість нормативної бази проектування теплового захисту, з'явилося питання про перегляд та коригування нормативних показників та методів розрахунку огорожувальних конструкцій.

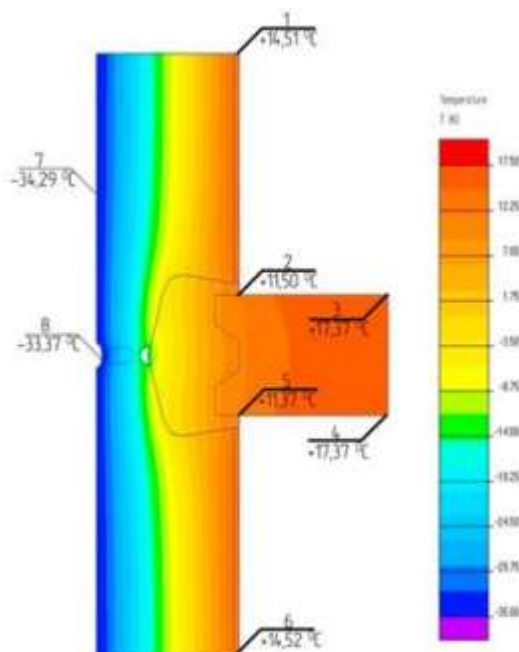


Рис. 1.27 Температурне поле вузла примикання внутрішньої стіни до зовнішньої огорожувальної конструкції

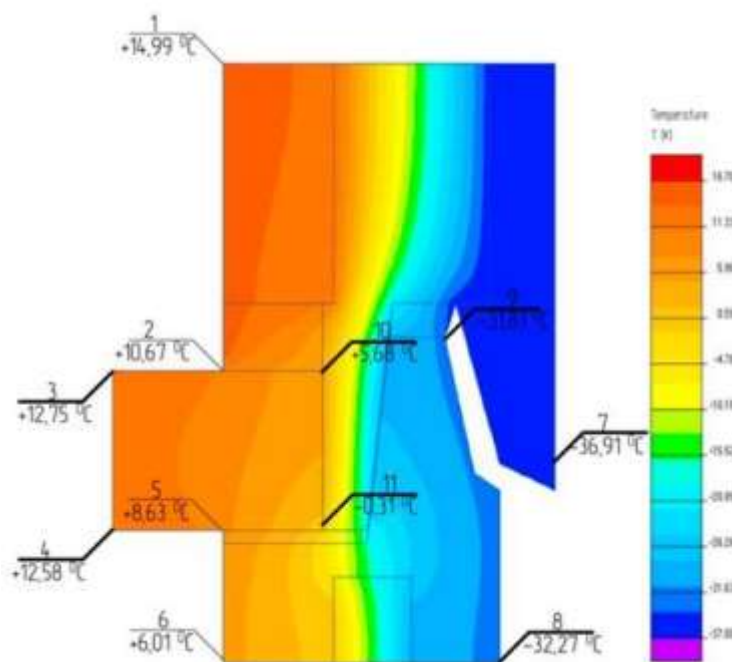


Рис. 1.28 Температурне поле вузла примикання плити перекриття до зовнішньої тришарової стіни

Проведено чисельні розрахунки фрагмента кутового з'єднання стіни та цокольного перекриття у статті, [31] Собакіна А. А., над провітрюваним підпіллям при розміщенні під кладкою залізобетонної балки та шару теплоізоляції. Обчислення виконані за різних варіантів опор, на які спирається балка. Із використанням

програмного розрахунку тривимірних температурних полів, отримані значення температури на внутрішній поверхні кутового стику огорож, у тому числі і просторового кута. Розрахунки підтвердили ефективність розглянутого способу утеплення. Також для підтвердження отриманих результатів варто випробування провести на експериментальному об'єкті.

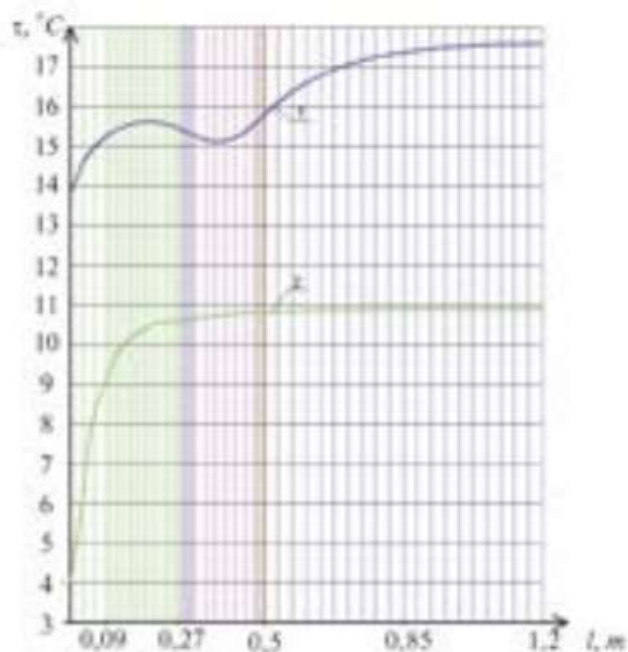


Рис. 1.29 Графік розподілу температури в кутовому стикі стіни та цокольного перекриття від просторового кута: 1 – до середини проміжку між опорами при варіанті з локальними опорами та утепленням простору під балкою; 2 – до аналогічної відстані при розміщенні кладки безпосередньо по цокольному перекриттю

У статті [32] Турдалієва М. К. було виконано тепловізійні дослідження і підтверджена теплова неоднорідність зовнішніх стін багатоповерхових житлових будинків. Це можна побачити на самих тепловізійних картинках, і отриманих значеннях температур на зовнішній поверхні огорожувальної конструкції. Максимальна різниця температур становила 40С, заміряних у різних точках на зовнішньої поверхні стін, але в внутрішній поверхні – 4,60С. Виміри температур на поверхнях стін дозволили встановити і зону впливу теплопровідних включень на термічний опір суміжних ділянок цегляної кладки. Ширина зони впливу склала від 15 до 32 см. З термограм видно, що тепловтрати через огорожувальні конструкції дуже

суттєві. Причиною виникнення містків холоду у місцях стиків є низька якість будівельно-монтажних робіт, та відсутність теплоізоляції.

а)

б)

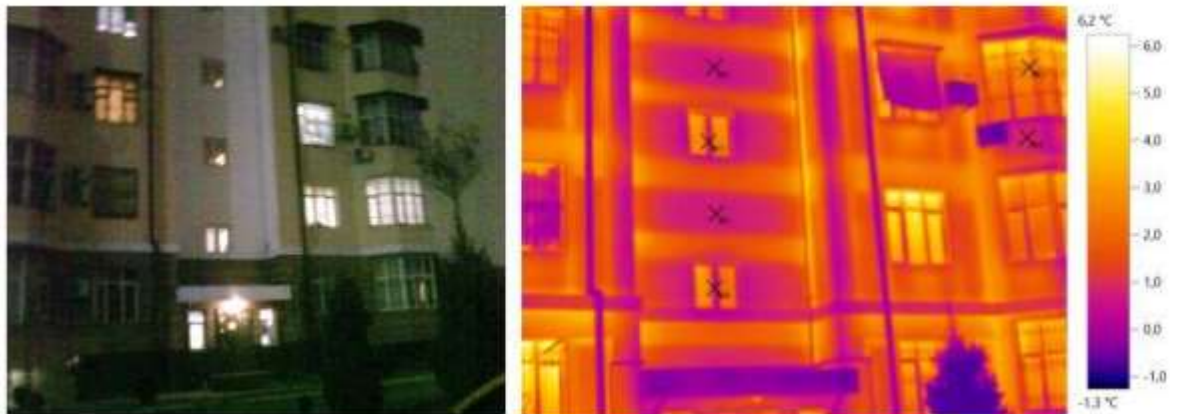


Рис. 1.30 Загальний вид: а) – фрагмент фасадної частини; б) – детальна термограма

У доповіді [33] Файзулліна Р. І. розглянуто принцип роботи оптоволоконних ґрат Брегга, виявлено основні особливості та недоліки. Принцип проходження сигналу аналогічний циркулятору 4 волоконної решітки Брегга, що перебудовуються - система еталонних решіток, що допускають можливість калібрування. Ці ґрати записуються з тими ж параметрами, які враховуються під час запису вимірювальних волоконної решітки Брегга. Головна відмінність даних решіток полягає в тому, що на них відсутній зовнішній вплив, а це означає, що система решіток ізольована від зовнішнього середовища.

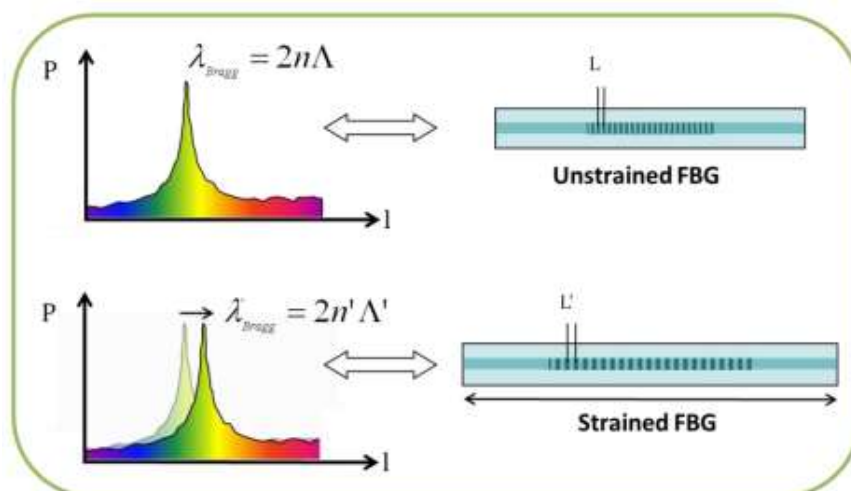


Рис. 1.31 Зміщення бреггівської довжини хвилі під впливом розтягування ВРБ

У роботі [34] Горшкова О.С. показано вплив розчинних швів кладки на опір теплопередачі стін із газобетонних блоків. У зв'язку з тим, що теплопровідність цементних розчинів та клеїв значно вищий за теплопровідність виробів з газобетону, їх вплив слід враховувати при проектуванні конструкцій, що захищають. У статті подано таблицю коефіцієнтів теплотехнічної однорідності кладки, стін із газобетонних блоків залежно від товщини та теплопровідності розчинних швів. Також розглянуто моделювання процесів теплопередачі у стаціонарних та нестаціонарних умовах. У разі нестаціонарного теплообміну розглянуто вплив швів кладки на теплостійкість огорожувальної конструкції. Теплостійкість характеризується нормованою амплітудою коливань температури зовнішнього повітря та величиною загасання розрахункової амплітуди коливань температури. Розраховано величину поправки впливу розчинних швів на комплексний коефіцієнт загасання розрахункової амплітуди коливань температури.

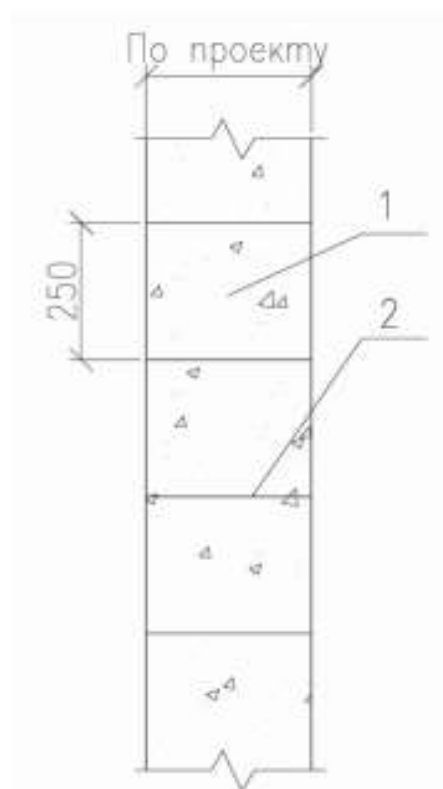


Рис. 1.32 Схема кладки із газобетонних блоків завтовшки в один блок:
1 – газобетонний блок; 2 – горизонтальний шов кладки

У статті [35] Халімова О. З. представлені рекомендації щодо усунення дефектів теплоізоляції. Рекомендації засновані на тепловому обстеженні житлових будівель,

які були збудовані з урахуванням антисейсмічних вимог для умов Хакасії. Проектні рішення зовнішніх конструкцій, що захищають, розглядаються з урахуванням підвищення комфортності перебування у приміщенні. У представленій роботі розглядаються проектні рішення вузла спирання плити. перекриття на зовнішню цегляну стіну завтовшки 770 мм. Антисейсмічний пояс з'єднується з плитою перекриття в тому самому рівні. Теплоізоляційний зовнішній шар стіни шириною 140 мм виконаний з пінополістиролу і розташовується на всій висоті стіни та переривається антисейсмічним поясом на рівні плити перекриття, який закритий пінополістиролом шириною 20 мм та оцинкованою сталлю по фасаду.

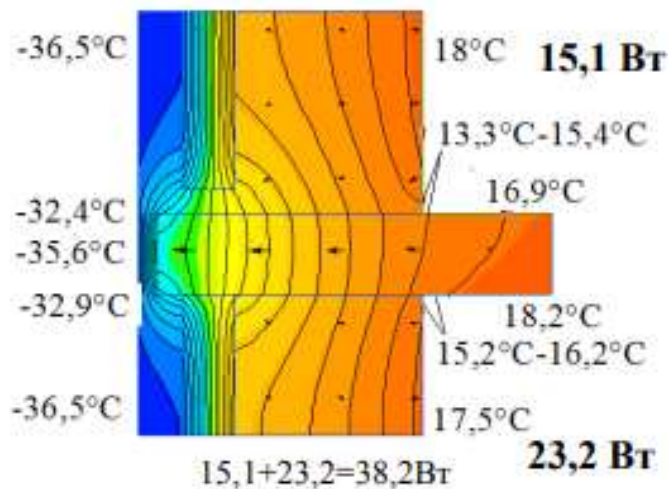


Рис. 1.33 Вузол спирання перекриття на цегляну стіну, теплоізоляція антисейсмічного поясу 50 мм в межах рівня перекриття

Дослідженням теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями займалися також такі автори: Голубєв С.С.[36], Макаров Р.А. [37], Міков А.В. [38], Білоус О.М. [39], Неклюд А.Ю. [40], Плющенко Н.Ю. [41], Тусніна О.А. [42], Богословський В.М. [43], Кошлатий О.Б. [44], Малявіна Є.Г. [45], Горшков А.С. [46], Панферов С.Ф. [47], Кутуєв М.Д. [48], Єзерський В.А. [49], Гузачов О.М. [50], Блюджюс Р. [51], Самаяаускас Р. [52], Овсянніков С.М. [53], Немова Д.В. [54], Явтушенко О.Б. [55], Корнієнко С.В. [56], Тусніна О.А. [57], Цветков, Д.М. [58], Гагарін, В.Г. [59], Забалуєва Т.Р. [60], Кулумбегова Л.З. [61], Крайнов Д.В. [62], Данилов Н.Д. [63], Фокін К.Ф. [64], Машенко А.Н. [65], Табунщиков Ю. А. [66], Богословський В.М.[67], Малявіна Є.Г. [68], Самарін О.Д. [69], Садиков Р.А. [70], Калініна О.І. [71],

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Пастушков П.П. [72], Деркач В.М. [73], Монастирьев П.В. [74], Матрос Ю.А. [75], Мачинський В.Д. [76], Савін В.К. [77], Чернишов А.А. [78], Протасевич А.М. [79], Сафін І.Ш. [80], Шадрін В.Ю. [81], Неклюдов А.Ю. [82], Беляєв В.С. [83], Павлов Н.М. [84], Лівчак, В.І. [85], Граник Ю.Г. [86], Умнякова Н.П. [87].

Також варто зазначити: Grinfeld G.I. [88], Stritih U. [89], Harmati N. [90], Girault M. [91], Suleymanova L.A. [92], Siu W.M. [93], Peng P.F. [94], Tsilingiris P.T. [95], Yang F. [96], Suleymanova L.A. [97], Roulet C.-A. [98], Ghazi Wakili K. [99].

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки по розділу 1

1. Багато вітчизняних та закордонних авторів займалися дослідженнями теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями.

2. Більшість досліджень були пов'язані з:

- Визначенням приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій з використанням розрахунків температурних полів
- Розробкою методики визначення приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями
- Аналізом впливу фасадних навісних систем на теплозахисні властивості огороження
- Підвищенням енергозберігаючих якостей огорожувальних конструкцій

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області. Розрахункова температура зовнішнього повітря приймалася $t_3 = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (І-а температурна зона), а внутрішня $t_v = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (житловий будинок).

Перетин зовнішньої стіни наведено на рис. 1.

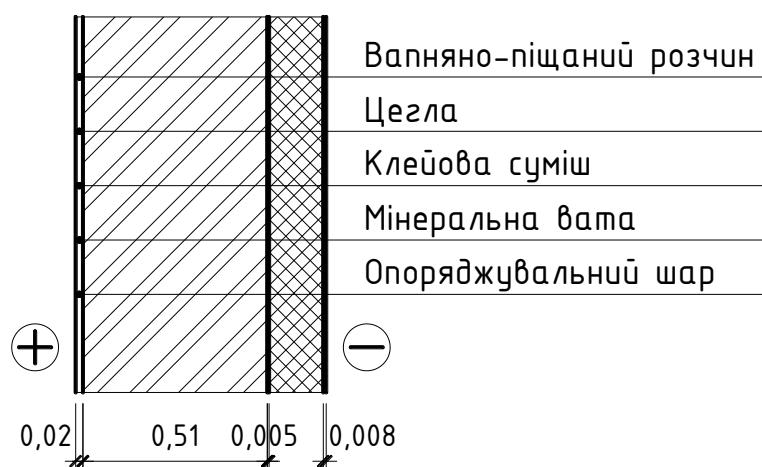


Рисунок 2.1 Перетин зовнішньої стіни

Теплопровідність шарів огорожувальної конструкції наведена у табл. 2.1. Нумерація шарів від внутрішньої поверхні огороження.

Таблиця 2.1

Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Ваніяно-піщаний розчин	0,81
2	Цегла	0,81
3	Клейова суміш	0,93
4	Утеплювач	
5	Шар опорядження	0,93

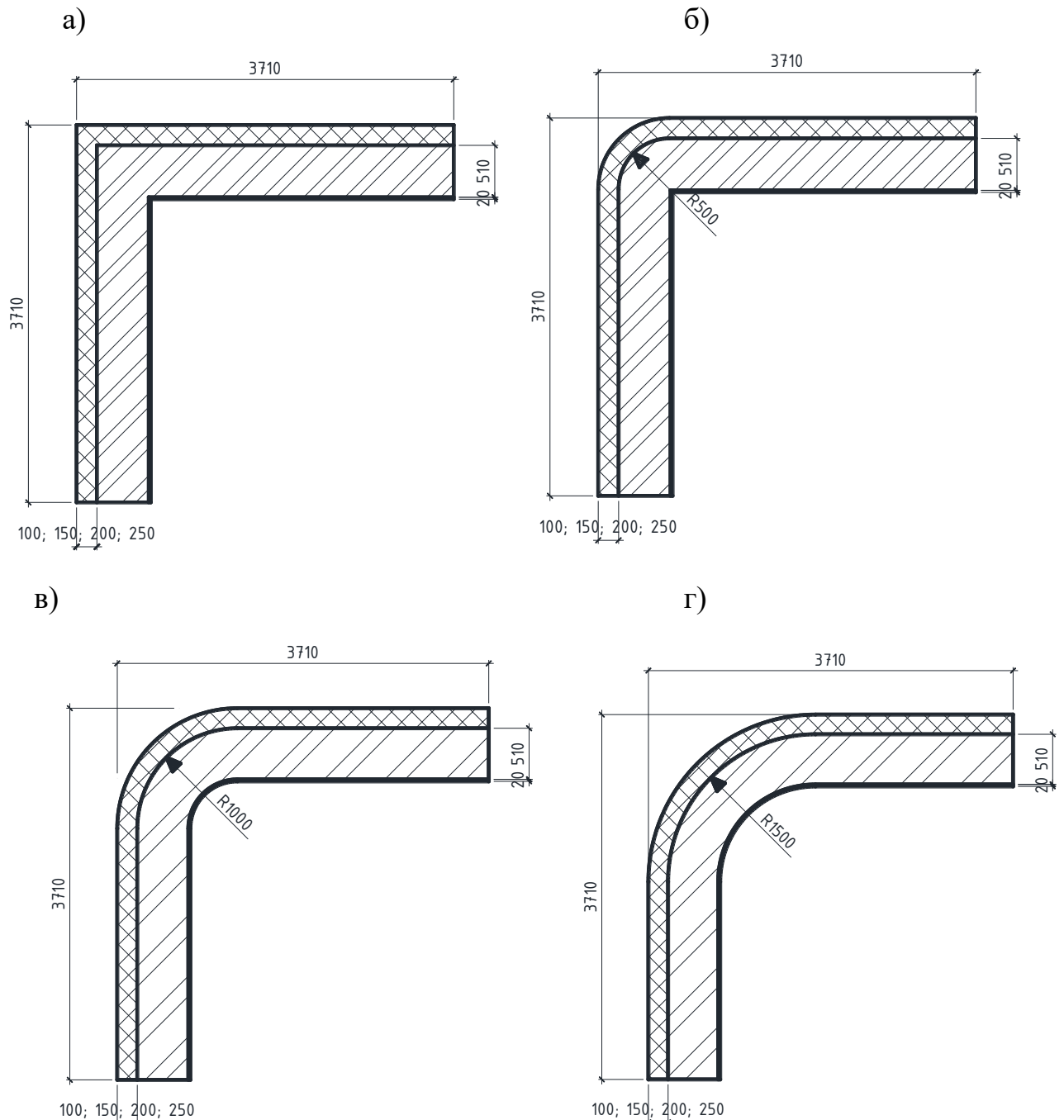
Теплопровідність утеплювача (що забезпечує виконання норм теплозахисту) визначалася на основі розрахунку температурних полів. Вона визначалася методом

підбору таким чином, щоб опір теплопередачі заокругленої стіни дорівнював або був вище нормованого значення. Величина нормованого приведенного опору теплопередачі для I-ї температурної зони становить $R_{q\ min} = 4,3\ m^2 \cdot K/Вт$.

Розрахунки виконуємо при товщині цегляного шару стіни 0,51 м, 0,38 м, 0,25 м. Товщина утеплювача приймалася 0,1 м, 0,15 м, 0,20 м, 0,25 м. Заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни приймалося 0,5 м, 1 м, 1,5 м, 2 м, 2,5 м, 3 м.

Товщина стіни 0,51 м

Розрахункові схеми наведені на рис. 2.2.



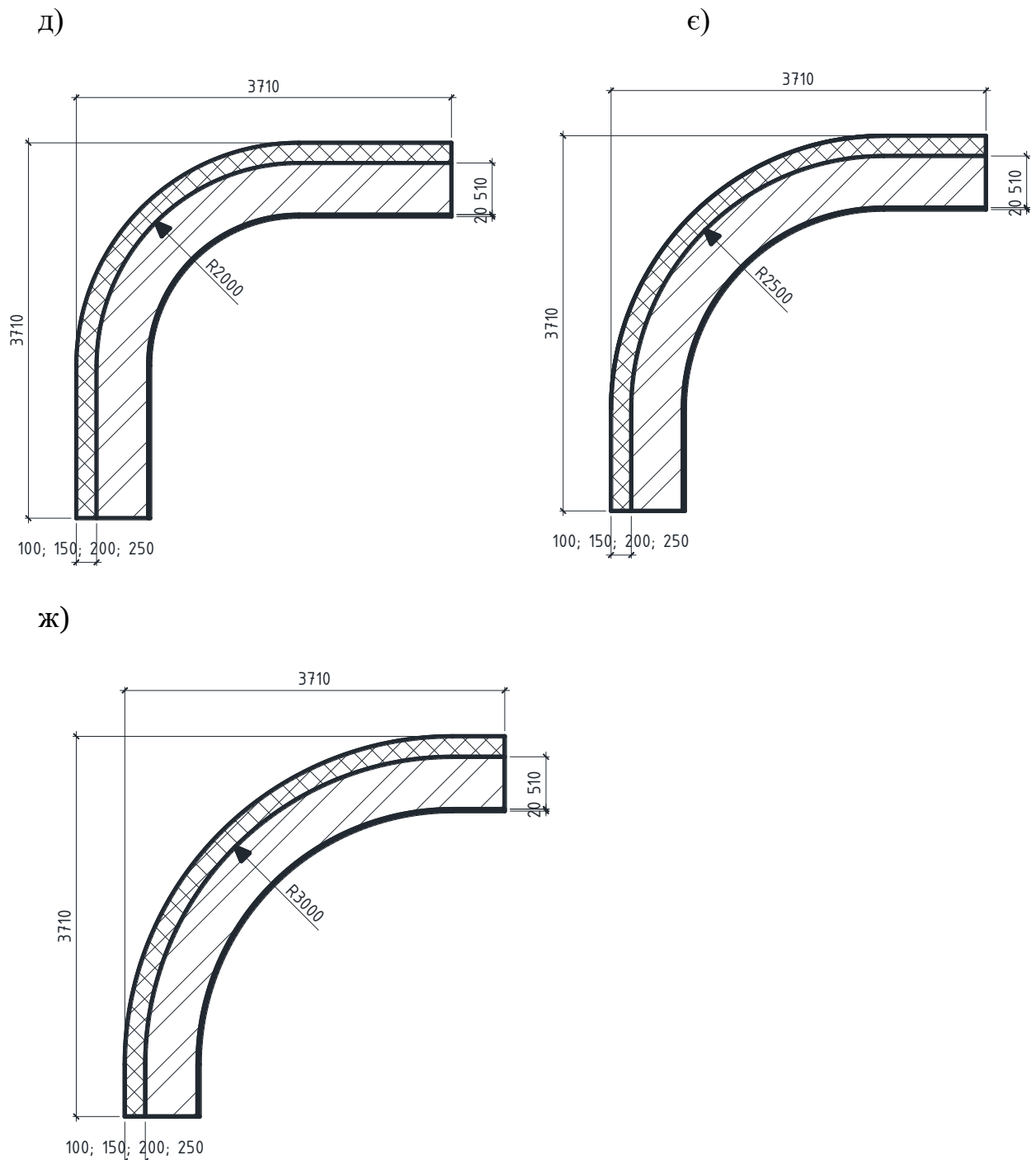
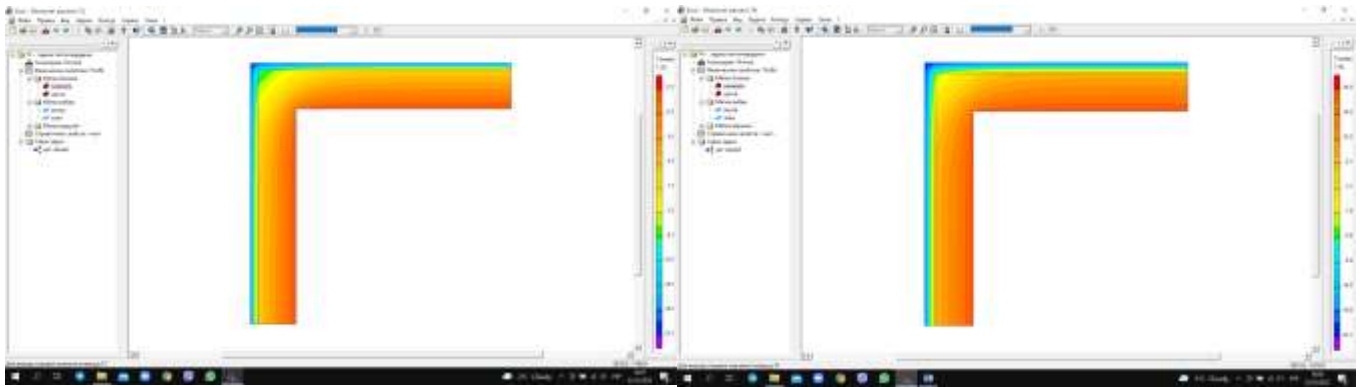


Рисунок 2.2 – Розрахункові схеми для визначення необхідної теплопровідності утеплювача при радіусі заокруглення: а) 0 м, б) 0,5 м, в) 1 м, г) 1,5 м, д) 2 м, е) 2,5 м, ж) 3 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.3.

а)

б)



в)

г)

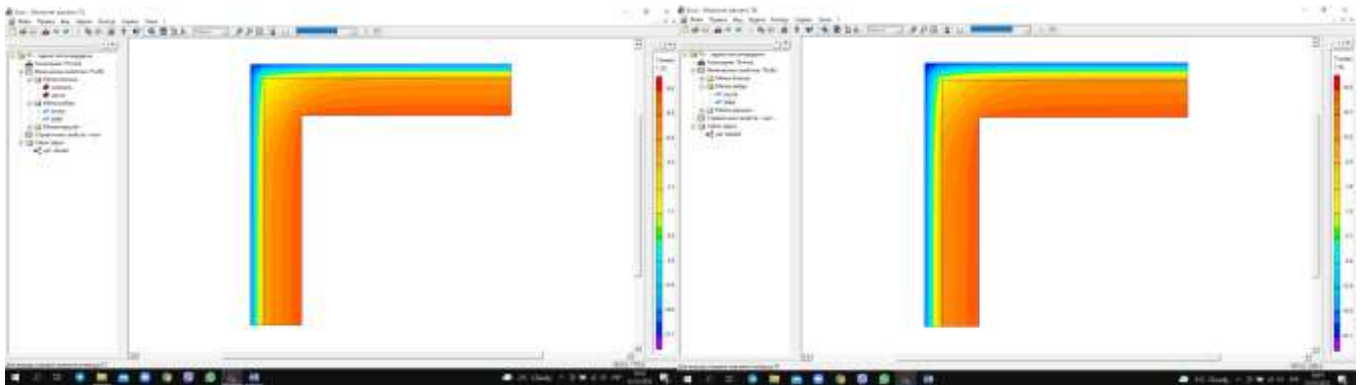
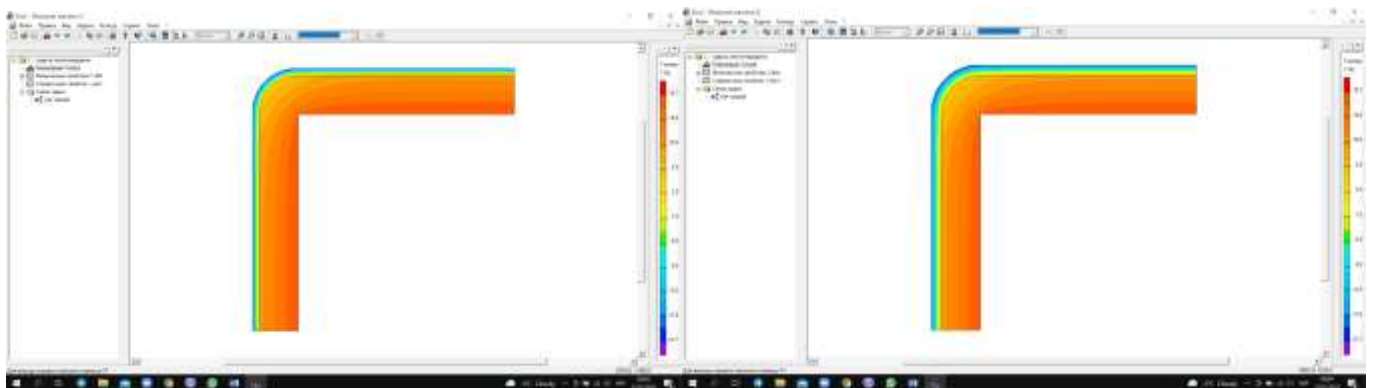


Рисунок 2.3 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.4.

а)

б)



в)

г)

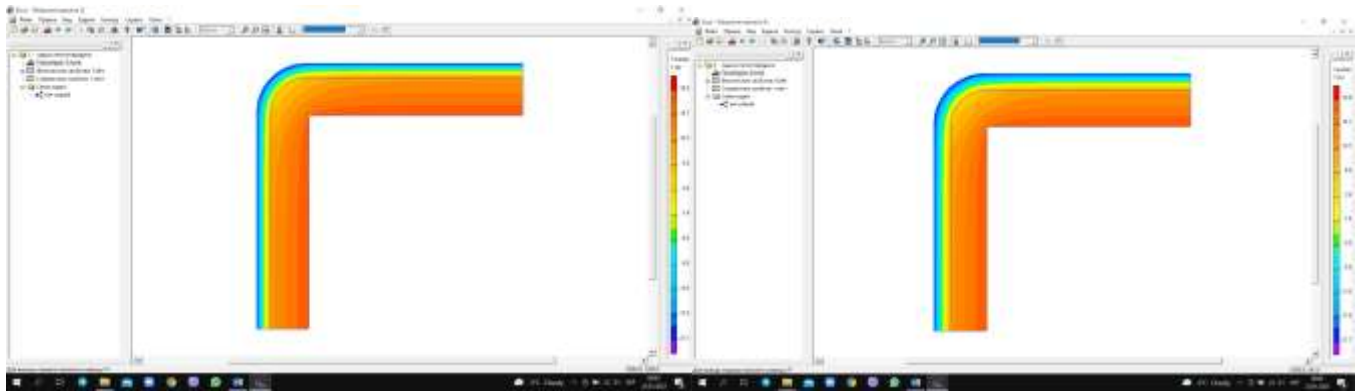
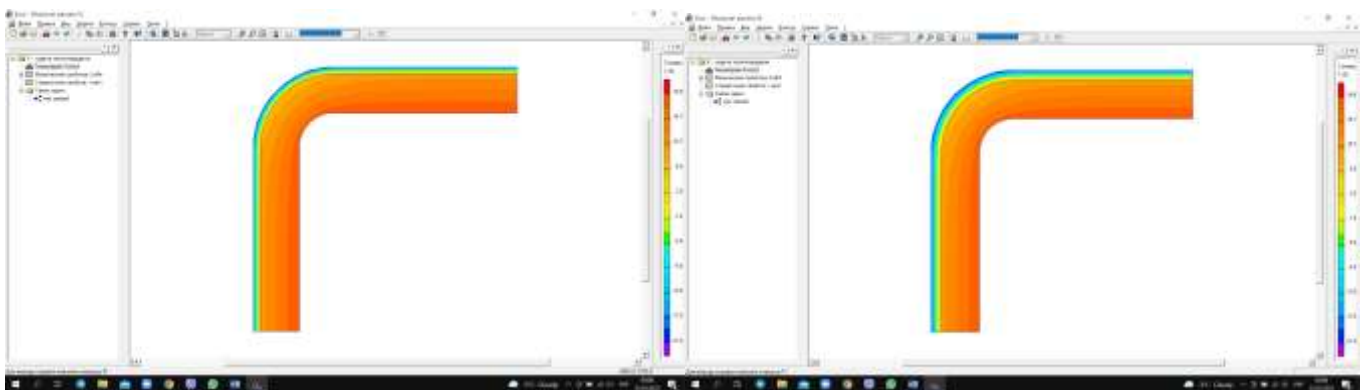


Рисунок 2.4 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.5.

а)

б)



в)

г)

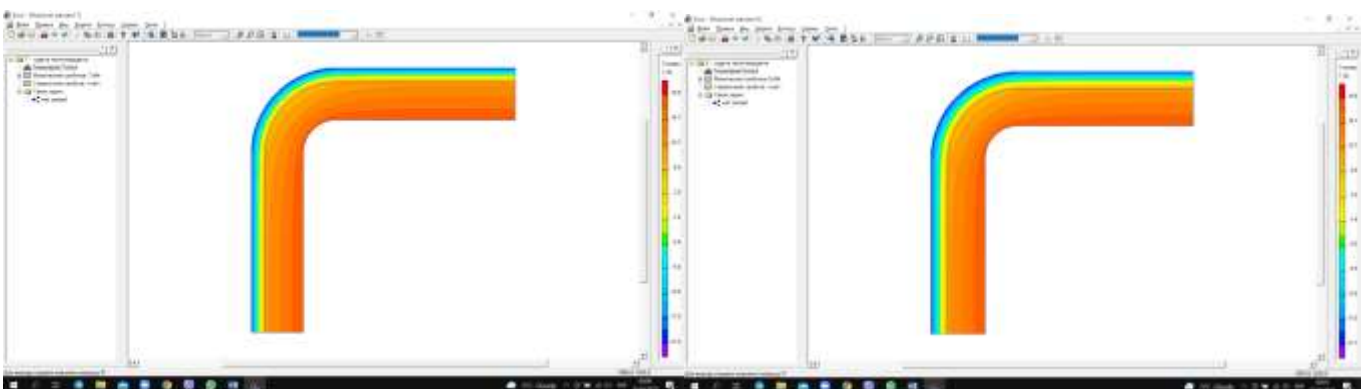
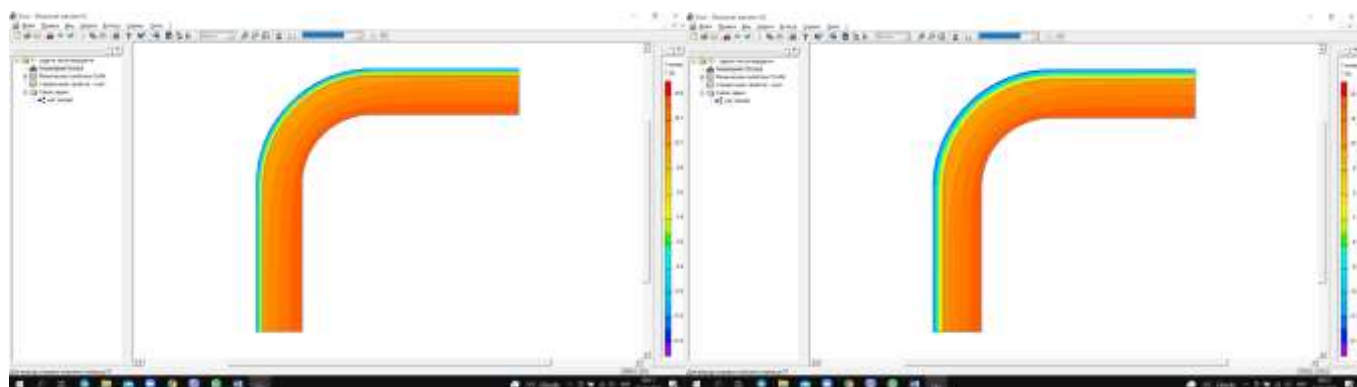


Рисунок 2.5 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 1 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 1,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.6.

а)

б)



в)

г)

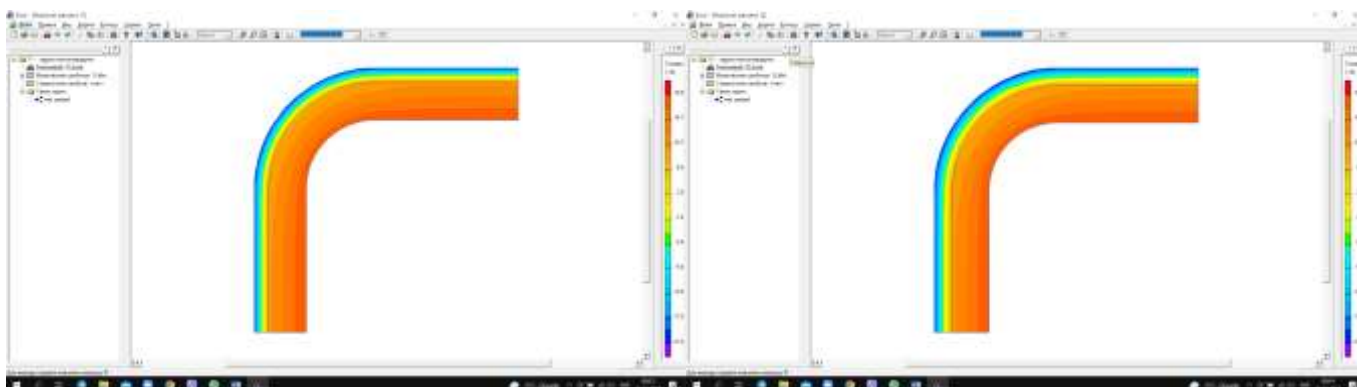


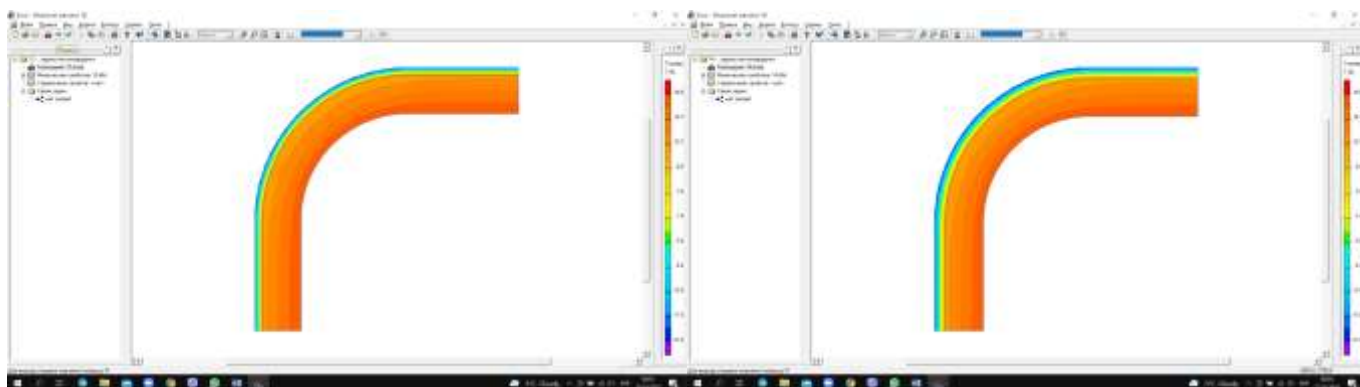
Рисунок 2.6 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 1,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 2 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.7.

а)

б)

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



в)

г)

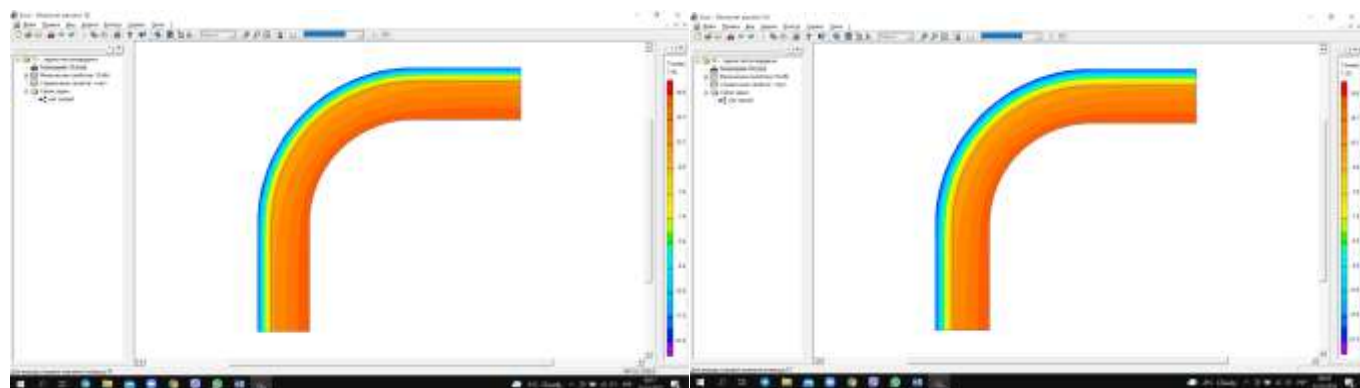
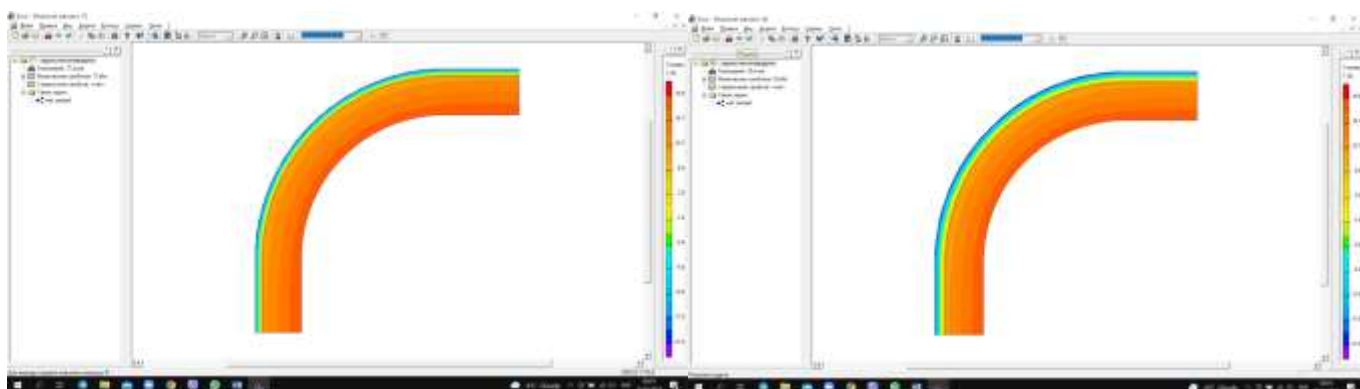


Рисунок 2.7 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.8.

а)

б)



в)

г)

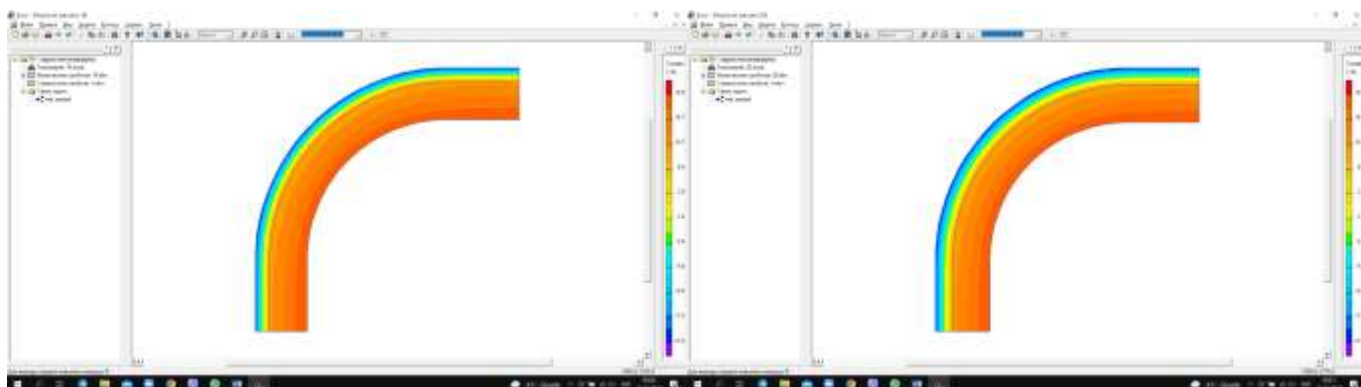
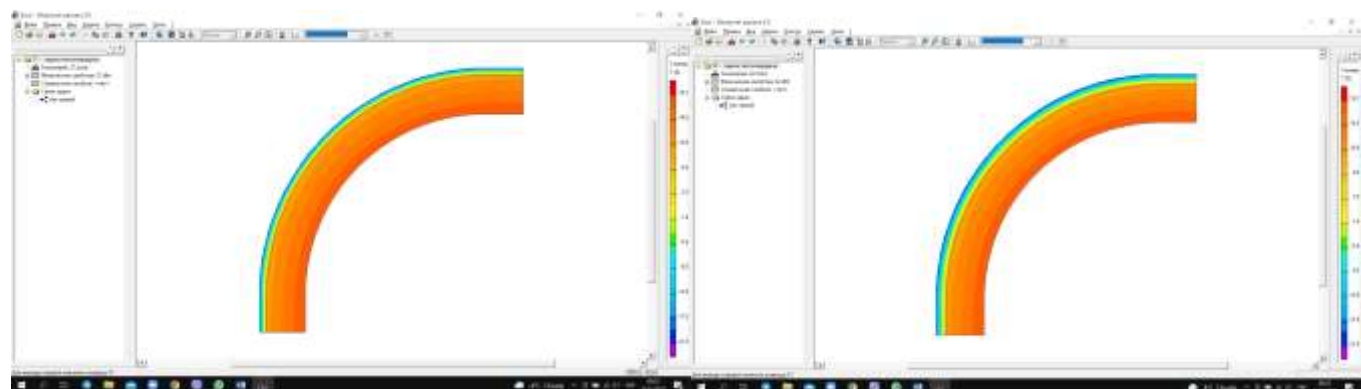


Рисунок 2.8 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 2,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 3 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.9.

а)

б)



в)

г)

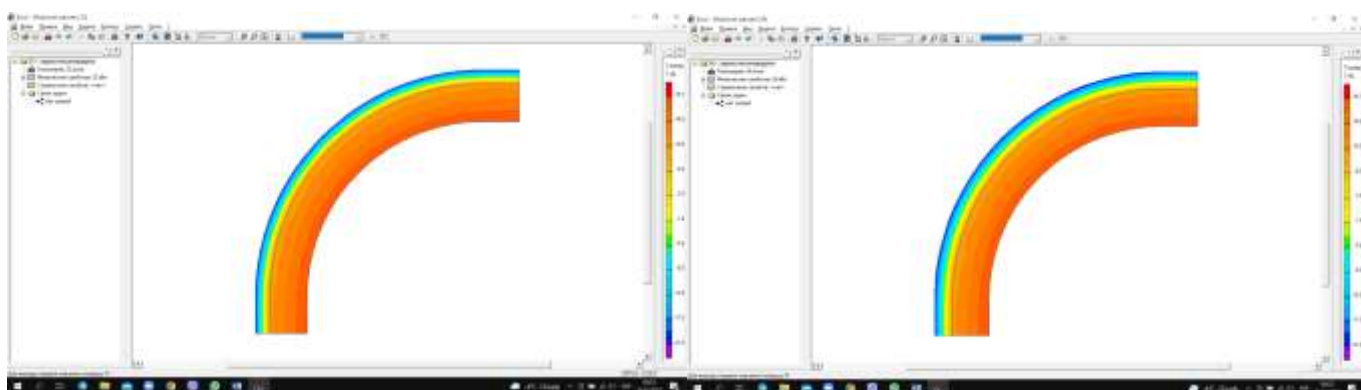


Рисунок 2.9 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусі заокруглення стіни 3 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Результати визначення необхідної теплопровідності утеплювача при товщині цегляного шару стіни 0,51 м наведені в таблиці 2

Таблиця 2.2

Результати визначення теплопровідності утеплювача при товщині цегляного шару стіни 0,51 м

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03584	0,0539	0,0718	0,08938
1	0,035919	0,05362	0,07113	0,08847
1,5	0,0374	0,05579	0,07397	0,09195
2	0,0391	0,0583	0,07725	0,09599
2,5	0,041	0,0611	0,08095	0,10055
3	0,04312	0,06425	0,08508	0,105645

Поверхня що відображає залежність необхідної теплопровідності утеплювача (при якій приведений опір теплопередачі ділянки заокругленої стіни буде дорівнювати або більше нормованого опору) від радіуса заокруглення та товщини утеплювача наведена на рис.2.10

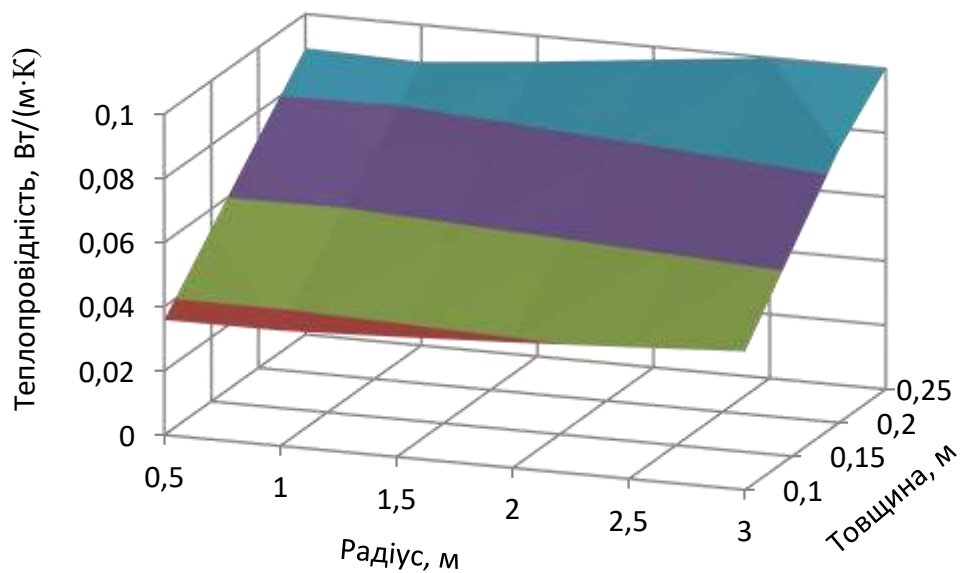


Рис. 2.10 - Залежність необхідної теплопровідності утеплювача від радіуса заокруглення стіни та товщини утеплювача.

Перетворюємо поверхню на площину використовуючи на ній координати трьох точок.

Варіант 1.

Вибрані точки наведені у таблиці.2.3.

Таблиця 2.3

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.11.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,1	0,0358						
3		Точка 2	0,5	0,25	0,0894						
4		Точка 3	3	0,15	0,0643						
5			радіус	товщина	коефіцієнт						
6						Рівняння площини					
7						0,001595 x	0,134000 y	-0,375000 z	-0,000773	=0	
8											
9						z= 0,00425 x	0,35733 y	-0,00206			
10											

Рис.2.11 - Результати розрахунку в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,00425R + 0,35733\delta_{\text{ут}} - 0,00206$$

Де R - радіус заокруглення стіни, м;

$\delta_{\text{ут}}$ – товщина утеплювача, м

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення теплопровідності утеплювача для прийнятих на початку дослідження радіусів заокруглення стіни та товщини утеплювача (табл.2.4)

Таблиця 2.4

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0537	0,0715	0,0894
1	0,0379	0,0558	0,0737	0,0915

1,5	0,0401	0,0579	0,0758	0,0937
2	0,0422	0,0600	0,0779	0,0958
2,5	0,0443	0,0622	0,0800	0,0979
3	0,0464	0,0643	0,0822	0,1000

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	0,0002	0,0003	0,0000
1	-0,0020	-0,0022	-0,0025	-0,0031
1,5	-0,0027	-0,0021	-0,0018	-0,0017
2	-0,0031	-0,0017	-0,0007	0,0002
2,5	-0,0033	-0,0011	0,0009	0,0026
3	-0,0033	0,0000	0,0029	0,0056

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3%

Максимальне розходження становить 8%

Для отримання формули що більш точно визначає значення теплопровідності були повторені попередні розрахунки з використанням інших точок.

Варіант 2.

Використані точки показані у таблиці.2.6.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.12.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	3	0,1	0,0431						
3		Точка 2	3	0,25	0,1056						
4		Точка 3	0,5	0,15	0,0539						
5			радіус	товщина	коефіцієнт						
6						Рівняння площини					
7						-0,001505 x	-0,156250 y	0,375000 z	0,003978	=0	
8											
9						z=	0,00401 x	0,41667 y	-0,01061		
10											

Рис.2.12 – Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величина теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{yt} = 0,00401R + 0,41667\delta_{yt} - 0,01061$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.7)

Таблиця 2.7

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0331	0,0539	0,0747	0,0956
1	0,0351	0,0559	0,0767	0,0976
1,5	0,0371	0,0579	0,0787	0,0996
2	0,0391	0,0599	0,0808	0,1016
2,5	0,0411	0,0619	0,0828	0,1036
3	0,0431	0,0639	0,0848	0,1056

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0028	0,0000	-0,0029	-0,0062
1	0,0008	-0,0023	-0,0056	-0,0091
1,5	0,0003	-0,0021	-0,0048	-0,0076
2	0,0000	-0,0016	-0,0035	-0,0056
2,5	-0,0001	-0,0008	-0,0018	-0,0030
3	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3,4%

Максимальне розходження становить 10%

Варіант 3.

Використані точки показані у таблиці.2.9.

Таблиця 2.9

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03584	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,09195
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,04312	0,0643	0,0851	0,1056

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.13.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,1	0,03584						
3		Точка 2	1,5	0,25	0,09195						
4		Точка 3	3	0,1	0,04312						
5			Радіус	Товщина	Теплопровід.						
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
44											
45											
46											
47											
48											
49											
50											

Рис.2.13 - Результати розрахунку в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величина теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,002912R + 0,354653\delta_{\text{ут}} - 0,0010813$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.10)

Таблиця 2.10

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03584	0,05357	0,07131	0,08904
1	0,03730	0,05503	0,07276	0,09049
1,5	0,03875	0,05648	0,07422	0,09195
2	0,04021	0,05794	0,07567	0,09341
2,5	0,04166	0,05940	0,07713	0,09486
3	0,04312	0,06085	0,07859	0,09632

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,00000	0,00033	0,00049	0,00034
1	-0,00138	-0,00141	-0,00163	-0,00202
1,5	-0,00135	-0,00069	-0,00025	0,00000
2	-0,00111	0,00036	0,00158	0,00258
2,5	-0,00066	0,00170	0,00382	0,00569
3	0,00000	0,00340	0,00649	0,00933

Відсоток розходження між значеннями теплопровідності утеплювача визначеними за формулою та отриманими за теоретичними розрахунками температурних полів наведені у табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Відсоток розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Відсоток розходження при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0	0,6	0,7	0,4
1	3,8	2,6	2,3	2,3
1,5	3,6	1,2	0,3	0,0
2	2,8	0,6	2,0	2,7
2,5	1,6	2,8	4,7	5,7
3	0,0	5,3	7,6	8,8

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за розрахунком температурного поля та формулою становить 2,6%. Максимальне розходження становить 8,8%. Відсотки розходження свідчать про можливість використання формули у інженерних розрахунках.

Як видно з таблиці 2.11 розходження є позитивним та негативним. Використовуючи теплопровідність утеплювача з розходженням, що має позитивне значення, призводить до отримання приведенного опору теплопередачі, яка є вище нормованого значення, а при від'ємному розходженні навпаки до значення опору менше нормованого. За результатами таблиці 2.11 максимальне від'ємне значення розходження виявилось при радіусі заокруглення стіни 1,5 м та товщині утеплювача 0,1 м. Результуючим значенням відповідає відсоток розходження 3,8% (табл. 2.12). Отже при цих значеннях радіуса заокруглення цегляної стіни та товщині утеплювача його теплопровідність за формулою становить на 3,8% більше за необхідну. Обов'язковою теплопровідністю утеплювача є та, що забезпечує рівень вище нормованого приведенного опору теплопередачі. Це потребує застосування у формулі понижуючого коефіцієнту рівного 0,96.

Варіант 4

Використані точки показані у таблиці.2.13.

Таблиця 2.13

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006

3	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056
---	--------	--------	--------	--------

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.14.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,25	0,0894						
3		Точка 2	3	0,25	0,1056						
4		Точка 3	1,5	0,1	0,0374						
5			радіус	товщина	коефіцієнт						
6						Рівняння площини					
7						0,002430 x	0,146200 y	-0,375000 z	-0,004240	=0	
8											
9						z= 0,00648 x	0,38987 y	-0,01131			
10											

Рис.2.14 - Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величина теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,00648R + 0,38987\delta_{\text{ут}} - 0,01131$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.14)

Таблиця 2.14

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0309	0,0504	0,0699	0,0894
1	0,0342	0,0537	0,0731	0,0926

1,5	0,0374	0,0569	0,0764	0,0959
2	0,0406	0,0601	0,0796	0,0991
2,5	0,0439	0,0634	0,0829	0,1024
3	0,0471	0,0666	0,0861	0,1056

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.15.

Таблиця 2.15

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0049	0,0035	0,0019	0,0000
1	0,0018	0,0000	-0,0020	-0,0042
1,5	0,0000	-0,0011	-0,0024	-0,0039
2	-0,0015	-0,0018	-0,0024	-0,0031
2,5	-0,0029	-0,0023	-0,0019	-0,0018
3	-0,0040	-0,0024	-0,0010	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3,6%

Максимальне розходження становить 13,7%

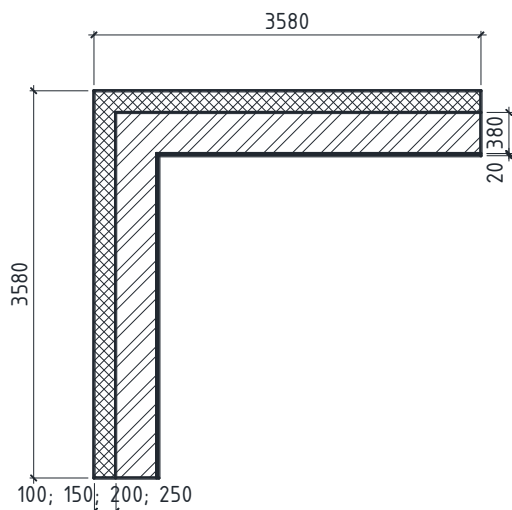
Формула визначення необхідної теплопровідності утеплювача з найменшим середнім та максимальним розходженням має вид.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,002912R + 0,354653\delta_{\text{ут}} - 0,0010813)$$

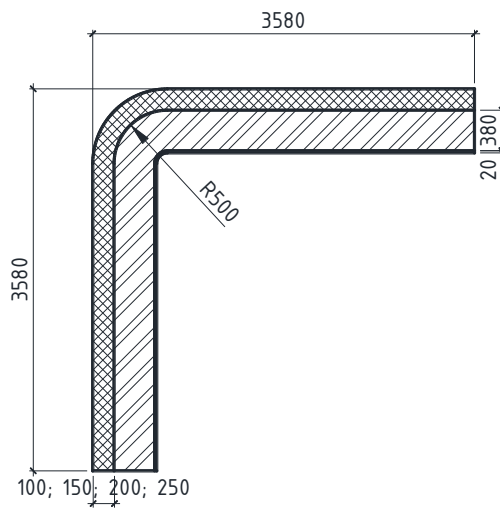
Товщина стіни 0,38 м

Розрахункові схеми для визначення необхідної теплопровідності утеплювача наведені на рис. 2.15.

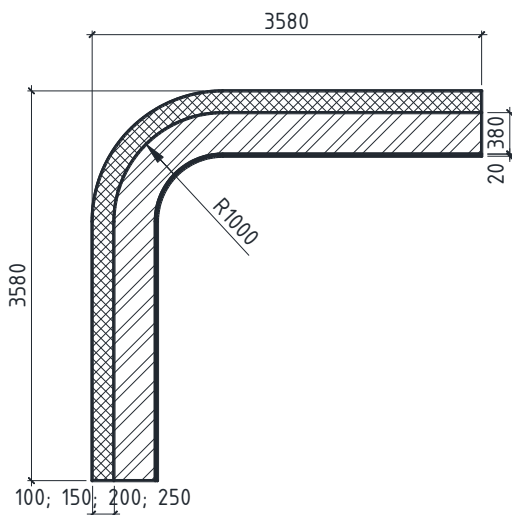
а)



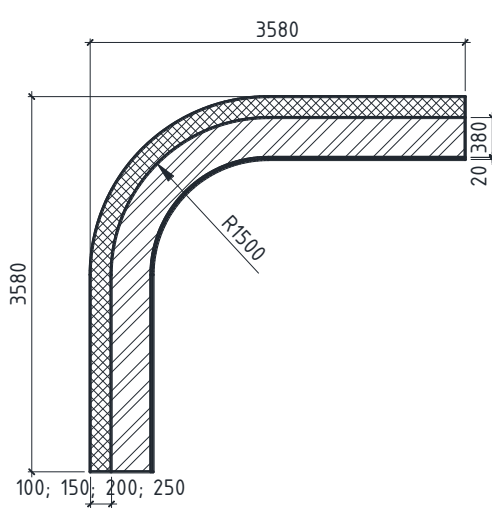
б)



в)

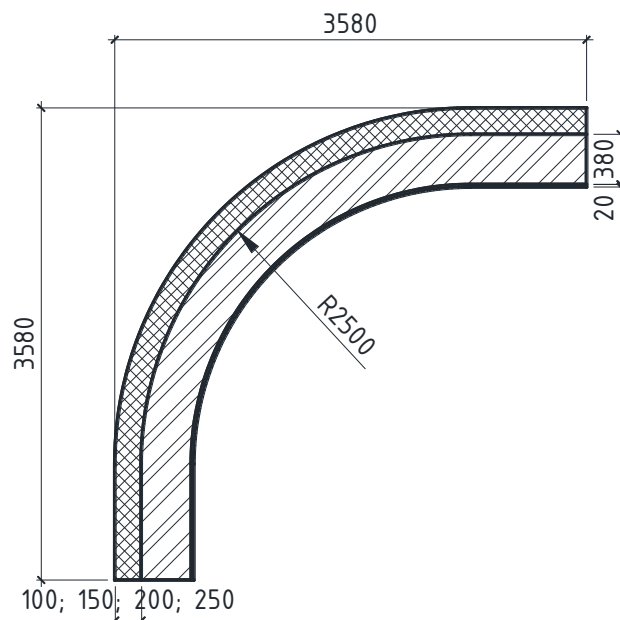
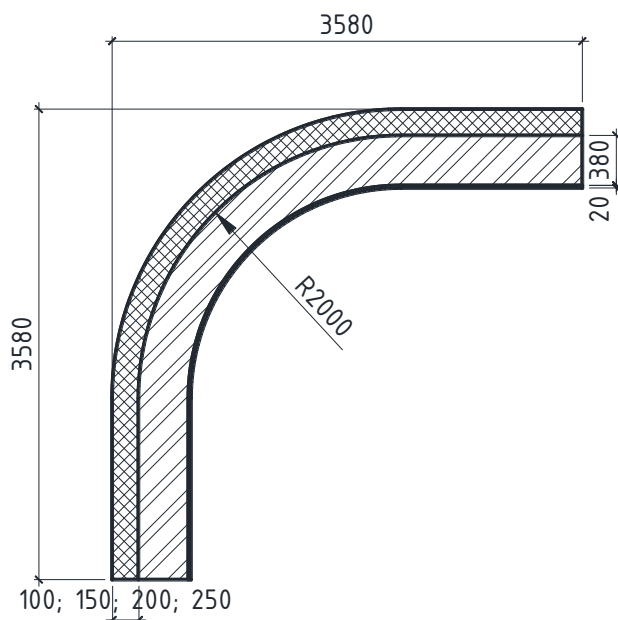


г)



д)

є)



ж)

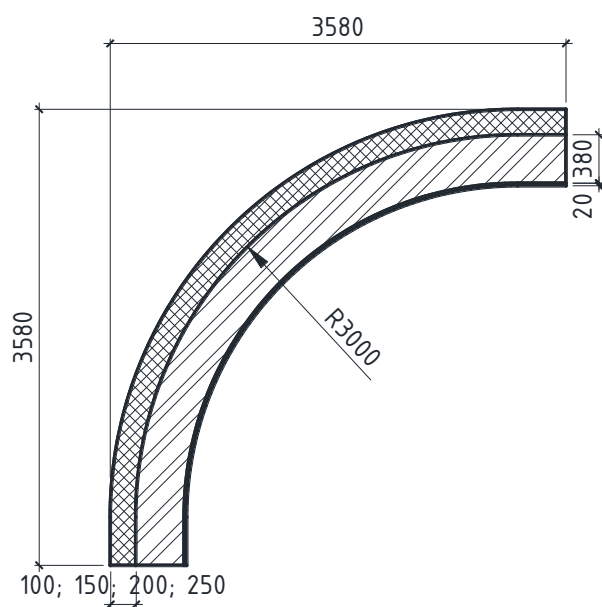


Рисунок 2.15 – Розрахункові схеми для визначення необхідної теплопровідності утеплювача при радіусі заокруглення: а) 0 м, б) 0,5 м, в) 1 м, г) 1,5 м, д) 2 м, є) 2,5 м, ж) 3 м

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП.9555055.ПЗ

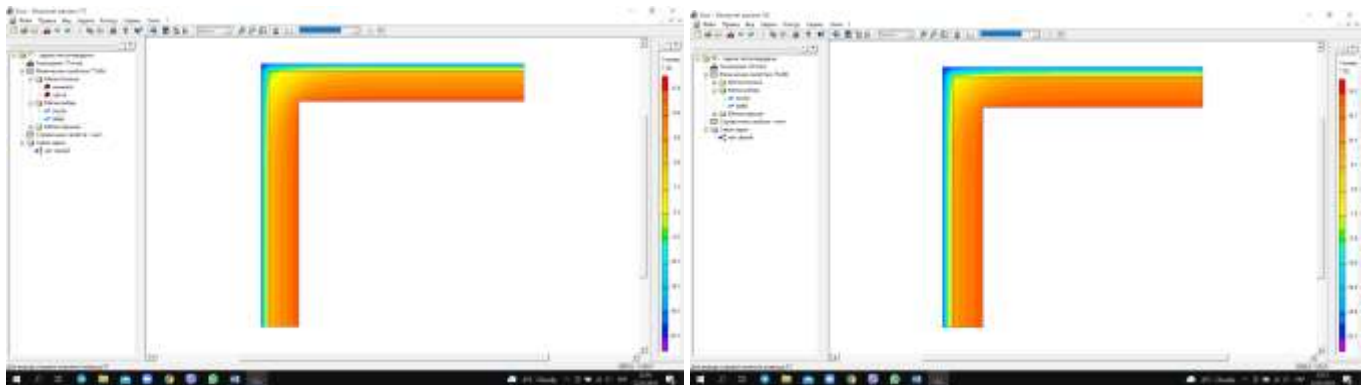
Арк.

56

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.16.

а)

б)



в)

г)

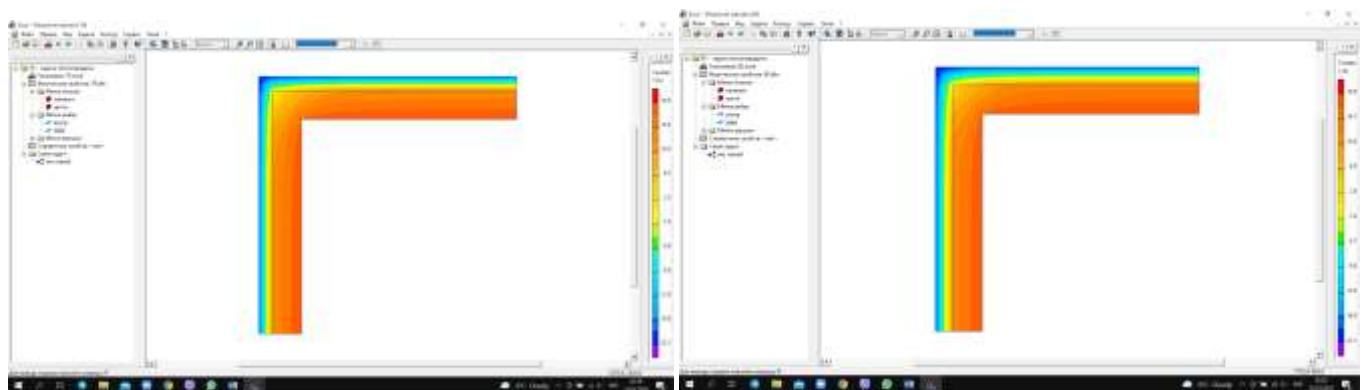
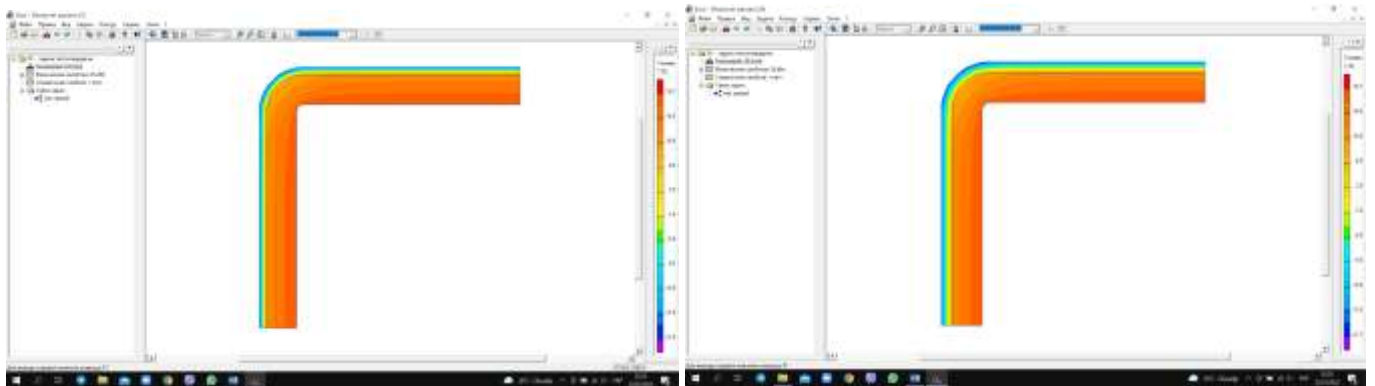


Рисунок 2.16 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.17.

а)

б)



в)

г)

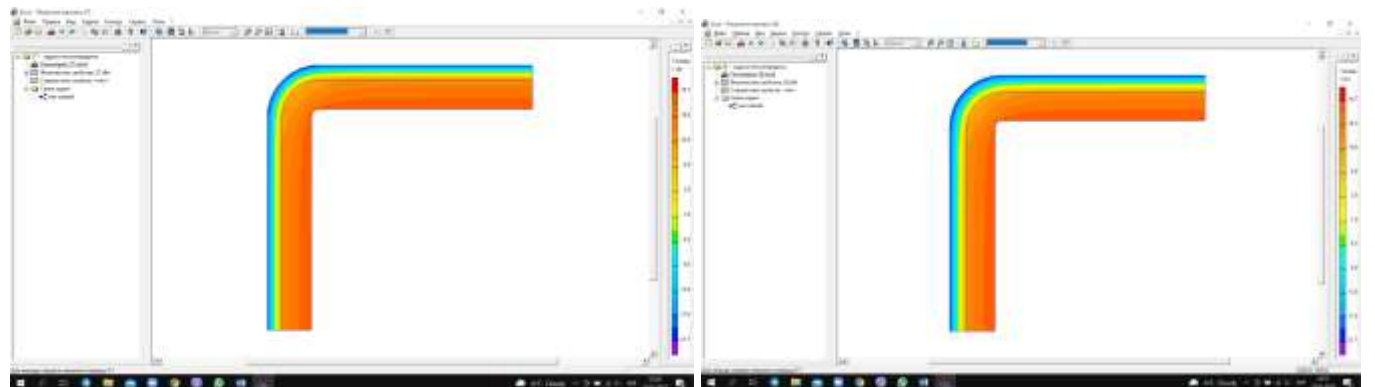
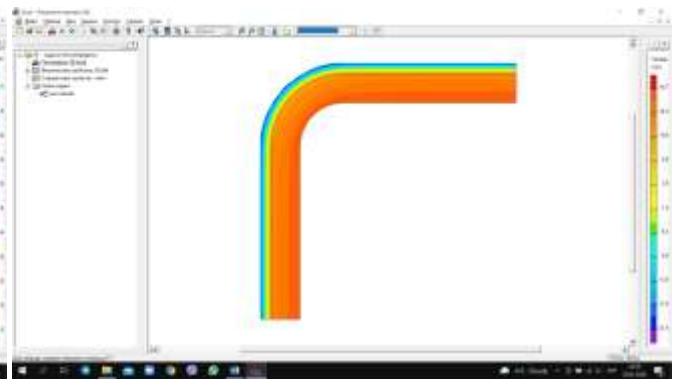
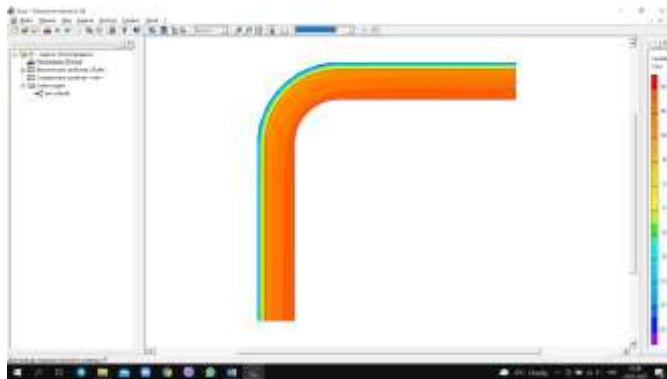


Рисунок 2.17 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.18.

а)

б)



в)

г)

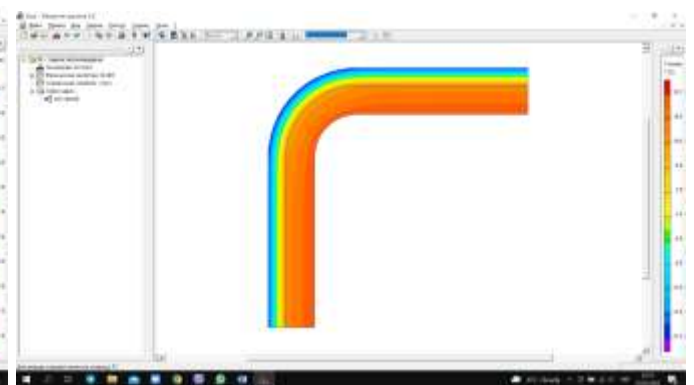
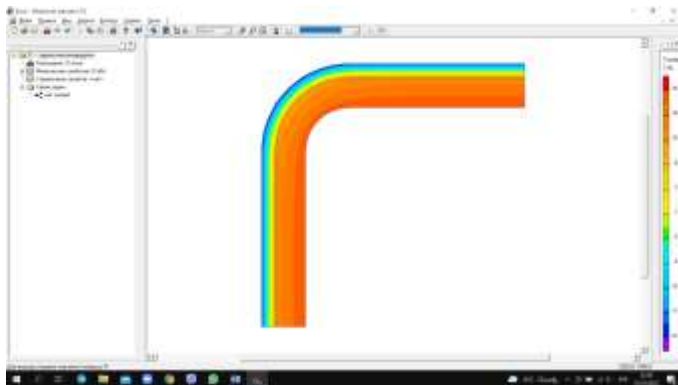
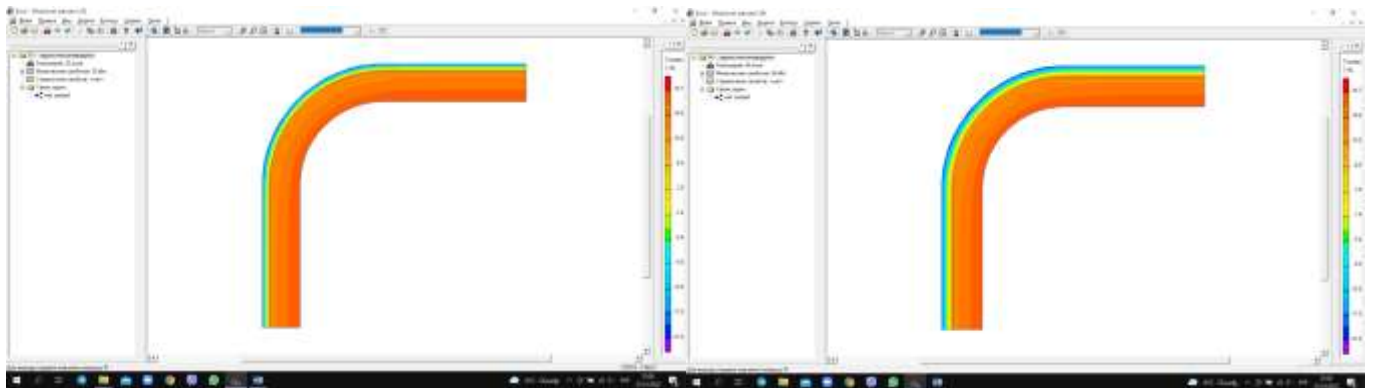


Рисунок 2.18 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.19.

а)

б)



в)

г)

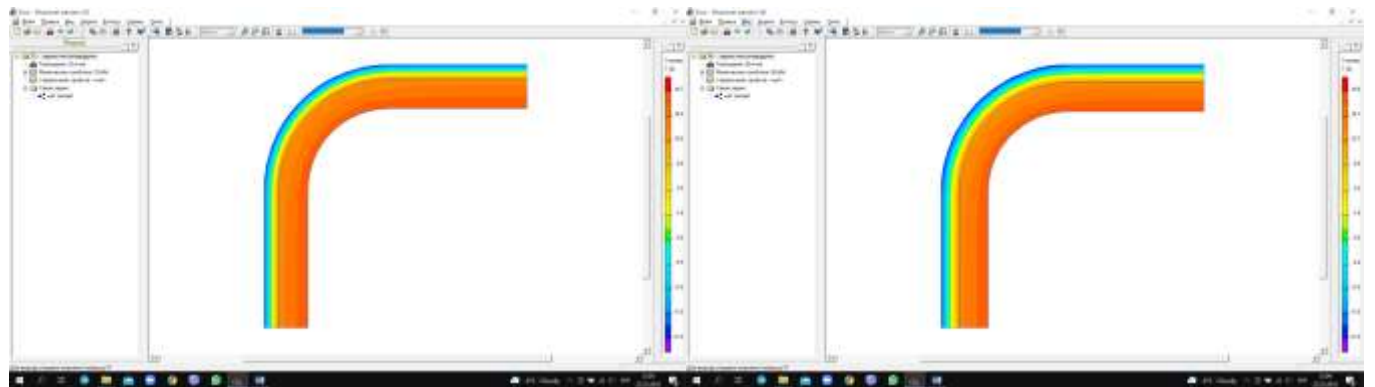
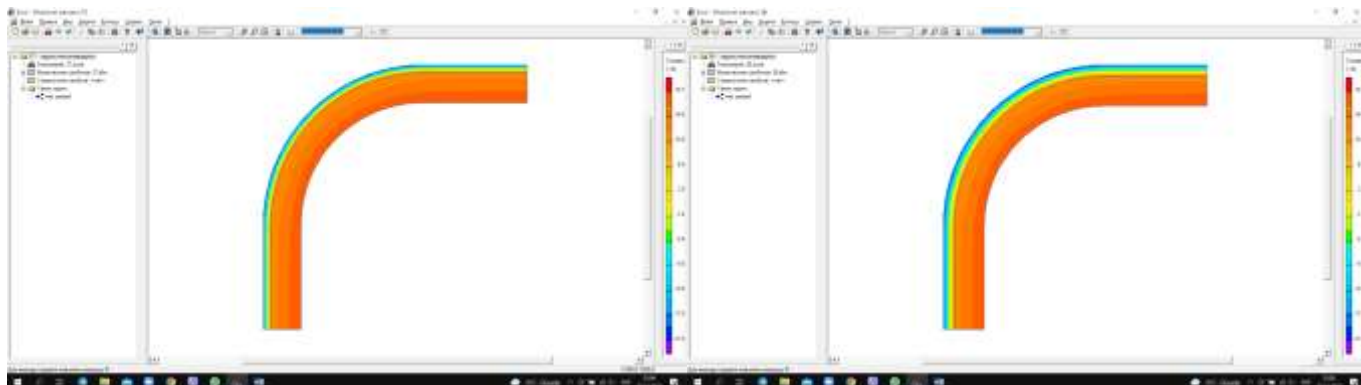


Рисунок 2.19 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.20.

а)

б)



в)

г)

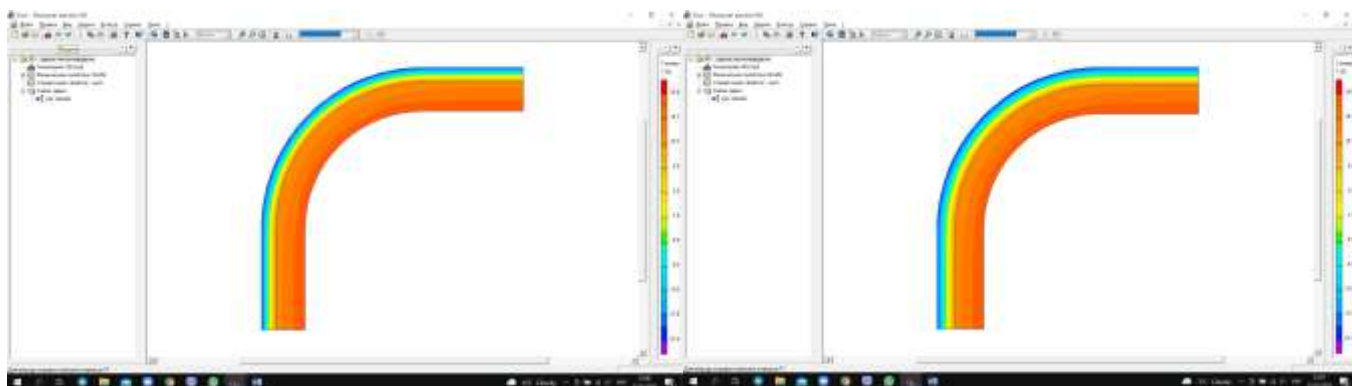


Рисунок 2.20 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП.9555055.ПЗ

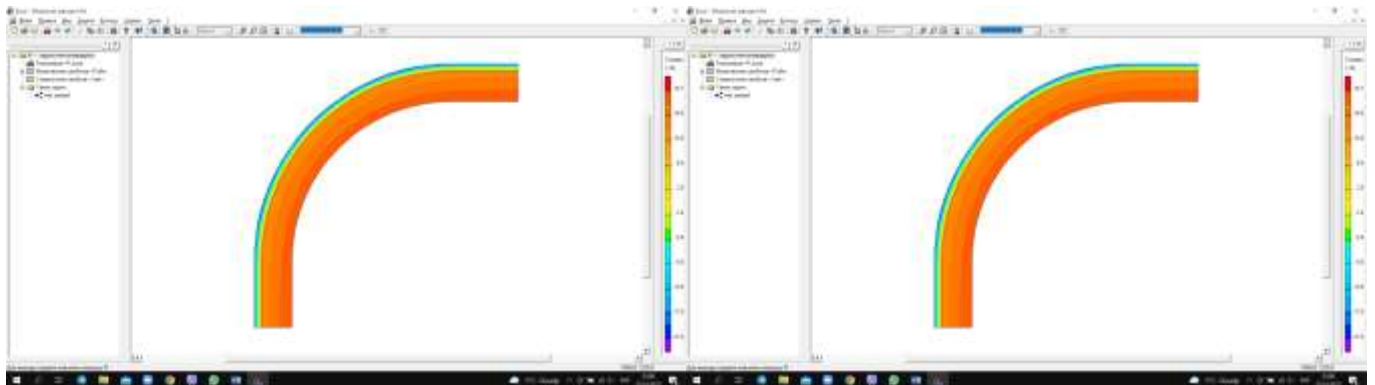
Арк.

61

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.21.

а)

б)



в)

г)

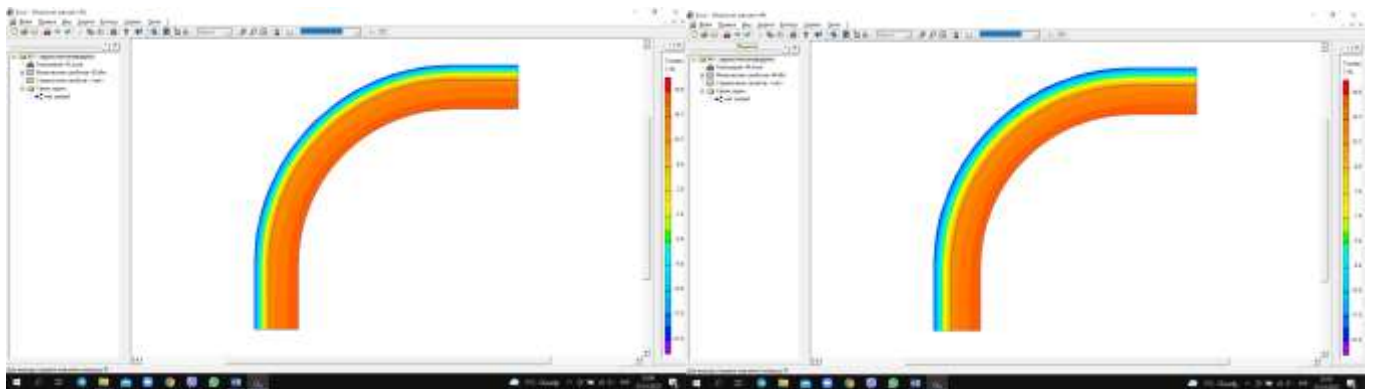
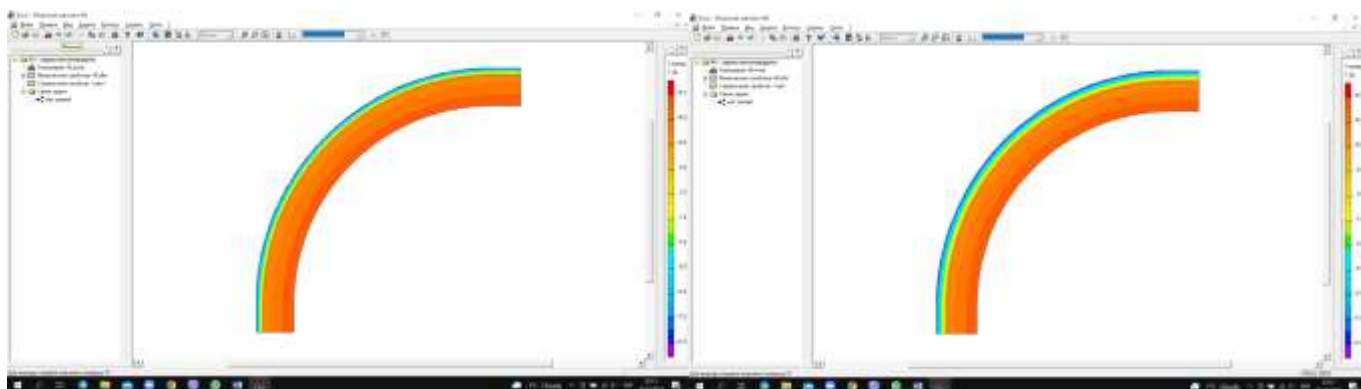


Рисунок 2.21 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 3 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.22.

а)

б)



в)

г)

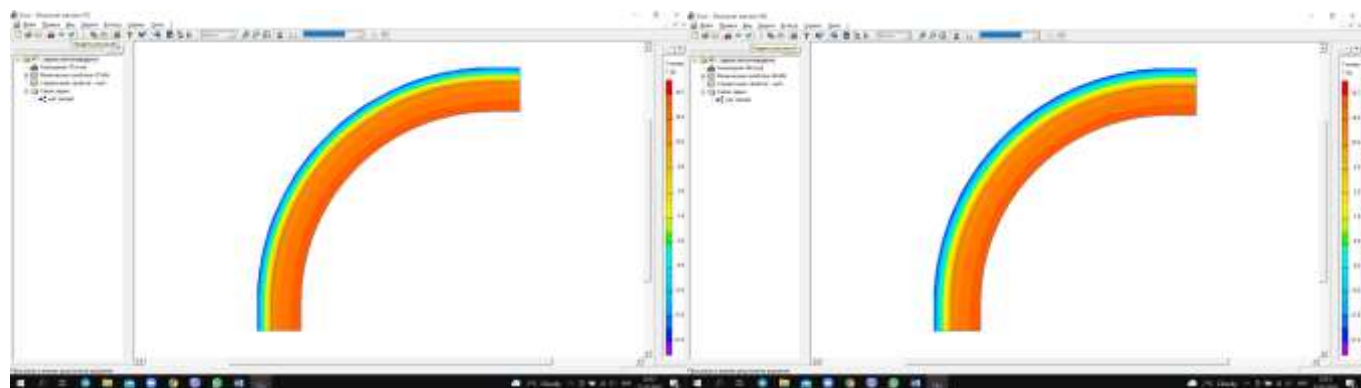


Рисунок 2.22 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 3 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Результати визначення теплопровідності утеплювача наведені у табл. 2.16.

Таблиця 2.16

Результати визначення теплопровідності утеплювача при товщині цегляного шару стіни 0,38 м

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25

0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Поверхня що відображає залежність необхідної теплопровідності утеплювача (при якій приведений опір теплопередачі ділянки заокругленої стіни буде дорівнювати або більше нормованого опору) від радіуса заокруглення та товщини утеплювача наведена на рис.2.23

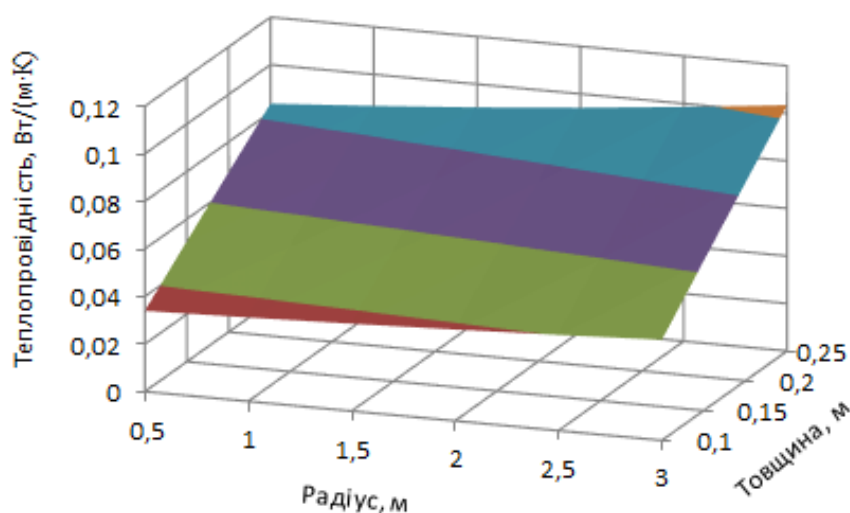


Рис. 2.23 - Залежність необхідної теплопровідності утеплювача від радіуса заокруглення та товщини утеплювача.

Перетворюємо поверхню на площину використовуючи на ній координати трьох точок.

Варіант 1.

Вибрані точки наведені у таблиці.2.17.

Таблиця 2.17

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.24.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,1	0,03395						
3		Точка 2	0,5	0,25	0,08362						
4		Точка 3	3	0,15	0,06296						
5		Радіус	Товщина		Теплопровід.						
6			Рівняння площини								
7			0,001868 x	0,124175 y	-0,375000 z	-0,000620	=0				
8											
9			z=	0,00498 x	0,33113 y	-0,00165					
10											

Рис.2.24 - Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,004981R + 0,331133\delta_{\text{ут}} - 0,00165$$

Де R - радіус заокруглення стіни, м;

$\delta_{\text{ут}}$ – товщина утеплювача, м

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення теплопровідності утеплювача для прийнятих на початку дослідження радіусів заокруглення стіни та товщини утеплювача (табл.2.18)

Таблиця 2.18

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0340	0,0505	0,0671	0,0836
1	0,0364	0,0530	0,0696	0,0861
1,5	0,0389	0,0555	0,0720	0,0886
2	0,0414	0,0580	0,0745	0,0911
2,5	0,0439	0,0605	0,0770	0,0936
3	0,0464	0,0630	0,0795	0,0961

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.19.

Таблиця 2.19

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,00000	0,00017	0,00018	0,00000
1	-0,00119	-0,00042	0,00019	0,00065
1,5	-0,00220	-0,00071	0,00055	0,00163
2	-0,00303	-0,00075	0,00130	0,00308
2,5	-0,00369	-0,00053	0,00237	0,00501
3	-0,00413	0,00000	0,00383	0,00737

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 2,9%

Максимальне розходження становить 9,76%

Для отримання формули що більш точно визначає значення теплопровідності були повторені попередні розрахунки з використанням інших точок.

Варіант 2.

Використані точки показані у таблиці.2.20.

Таблиця 2.20

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362

1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.25.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,2	0,06725						
3		Точка 2	3	0,1	0,042278						
4		Точка 3	3	0,25	0,10345						
5		Радіус	Товщина	Теплопровід.							
6											
7											
8											
9											
10											

Рис.2.25 – Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,006324R + 0,4078\delta_{\text{ут}} - 0,01747$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.21)

Таблиця 2.21

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0265	0,0469	0,0673	0,0876
1	0,0296	0,0500	0,0704	0,0908
1,5	0,0328	0,0532	0,0736	0,0940
2	0,0360	0,0563	0,0767	0,0971
2,5	0,0391	0,0595	0,0799	0,1003
3	0,0423	0,0627	0,0831	0,1035

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.22.

Таблиця 2.22

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0075	0,0038	0,0000	-0,0040
1	0,0056	0,0026	-0,0007	-0,0040
1,5	0,0039	0,0016	-0,0010	-0,0037
2	0,0024	0,0009	-0,0009	-0,0030
2,5	0,0011	0,0004	-0,0005	-0,0017
3	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 4,11%.

Максимальне розходження становить 22,02%

Варіант 3.

Використані точки показані у таблиці.2.23.

Таблиця 2.23

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.26.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,1	0,03395						
3		Точка 2	3	0,1	0,042278						
4		Точка 3	1,5	0,25	0,09023						
5		Радіус	Товщина	Теплопровід.							
6											
7											
8											
9											
10											

Рівняння площини

$-0,001249 x - 0,132372 y + 0,375000 z - 0,001131 = 0$

$z = 0,003331200 x + 0,352992000 y - 0,00301480$

Рис.2.26 - Результати розрахунку в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,0033312R + 0,352992\delta_{\text{ут}} - 0,0030148$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.24)

Таблиця 2.24

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0340	0,0516	0,0692	0,0869
1	0,0356	0,0533	0,0709	0,0886
1,5	0,0373	0,0549	0,0726	0,0902
2	0,0389	0,0566	0,0742	0,0919
2,5	0,0406	0,0583	0,0759	0,0936
3	0,0423	0,0599	0,0776	0,0952

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.25.

Таблиця 2.25

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	-0,0009	-0,0020	-0,0033
1	-0,0004	-0,0007	-0,0012	-0,0018
1,5	-0,0006	-0,0002	0,0000	0,0000
2	-0,0005	0,0006	0,0016	0,0023

2,5	-0,0004	0,0017	0,0035	0,0050
3	0,0000	0,0030	0,0058	0,0082

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 2,36%.

Максимальне розходження становить 7,95%.

Варіант 4

Використані точки показані у таблиці.2.26.

Таблиця 2.26

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.27.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,25	0,08362						
3		Точка 2	2	0,1	0,0384						
4		Точка 3	3	0,25	0,10345						
5		Радіус	Товщина	Теплопровід.							
6											
7			Рівняння площини								
8			-0,002975 x	-0,142795 y	0,375000 z				0,005828 =0		
9			z= 0,007932000 x 0,380786667 y -0,01554267								

Рис.2.27 - Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величина теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,00793R + 0,380786667\delta_{\text{ут}} - 0,01554267$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.27)

Таблица 2.27

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0265	0,0455	0,0646	0,0836
1	0,0305	0,0495	0,0685	0,0876
1,5	0,0344	0,0535	0,0725	0,0916
2	0,0384	0,0574	0,0765	0,0955
2,5	0,0424	0,0614	0,0804	0,0995
3	0,0463	0,0654	0,0844	0,1034

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.28.

Таблиця 2.28

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0074	0,0051	0,0027	0,0000
1	0,0048	0,0031	0,0012	-0,0008
1,5	0,0023	0,0013	0,0001	-0,0013
2	0,0000	-0,0002	-0,0006	-0,0013
2,5	-0,0021	-0,0015	-0,0010	-0,0009
3	-0,0041	-0,0024	-0,0011	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3,99%

Максимальне розходження становить 21,94%

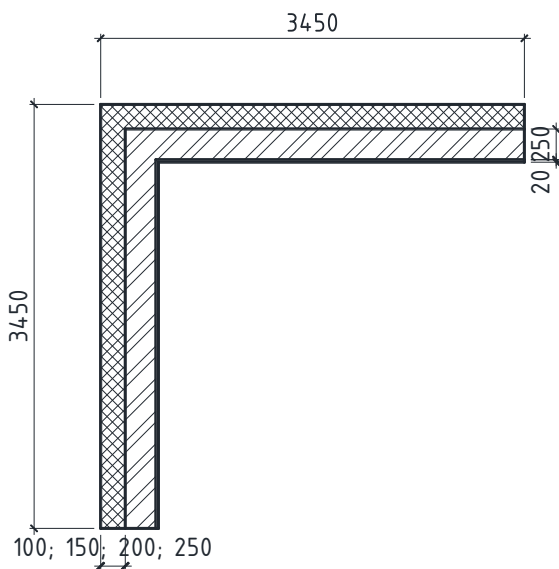
Формула визначення необхідної теплопровідності утеплювача з найменшим середнім та максимальним розходженням має вид.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,0033312R + 0,352992\delta_{\text{ут}} - 0,0030148$$

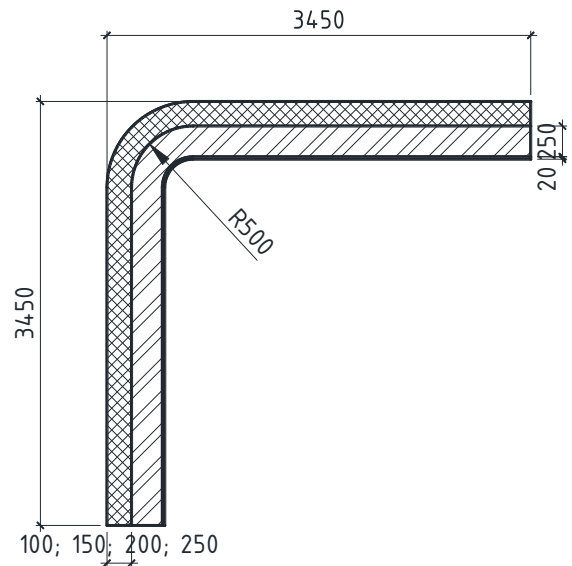
Товщина стіни 0,25 м

Розрахункові схеми для визначення необхідної теплопровідності утеплювача наведені на рис. 2.28.

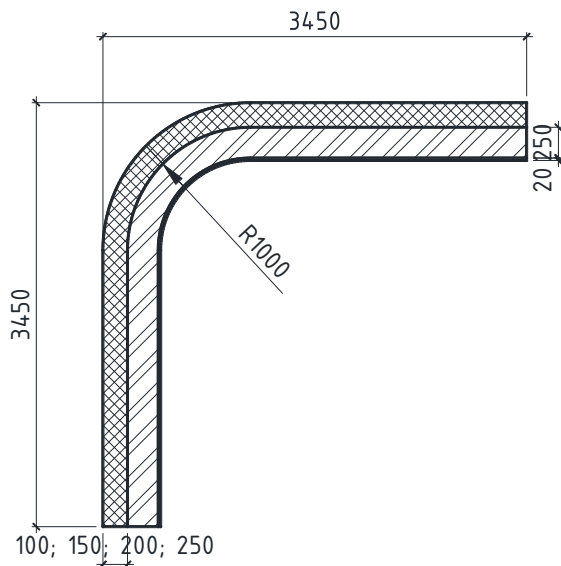
а)



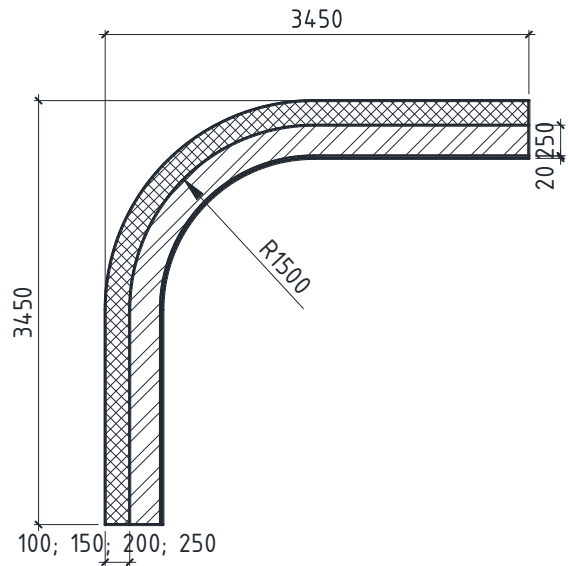
б)



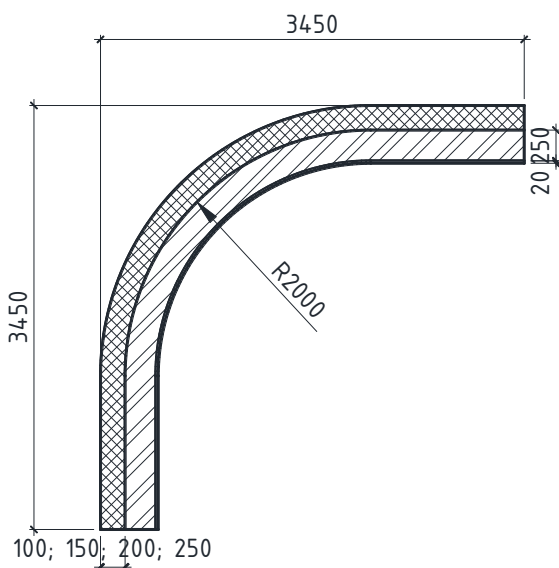
в)



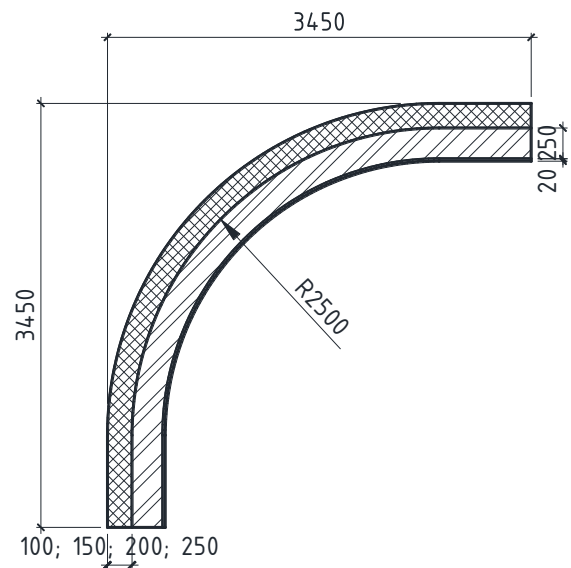
г)



д)



е)



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

601-БП.9555055.ПЗ

Арк.

75

ж)

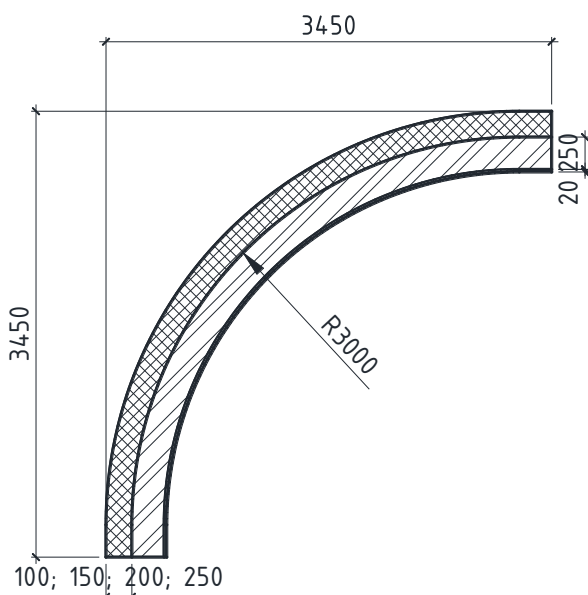
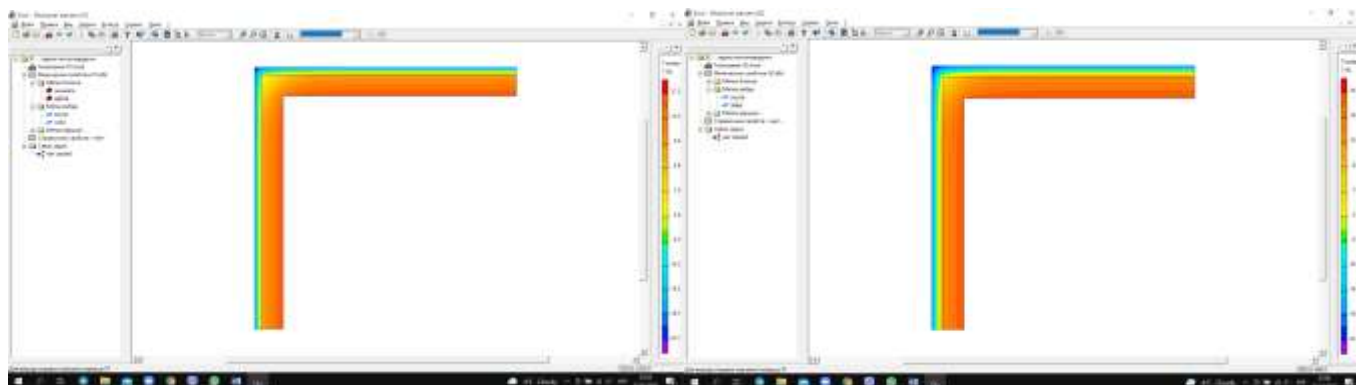


Рисунок 2.28 – Розрахункові схеми для визначення необхідної теплопровідності утеплювача при радіусі заокруглення: а) 0 м, б) 0,5 м, в) 1 м, г) 1,5 м, д) 2 м, є) 2,5 м, ж) 3 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.29.

а)

б)



в)

г)

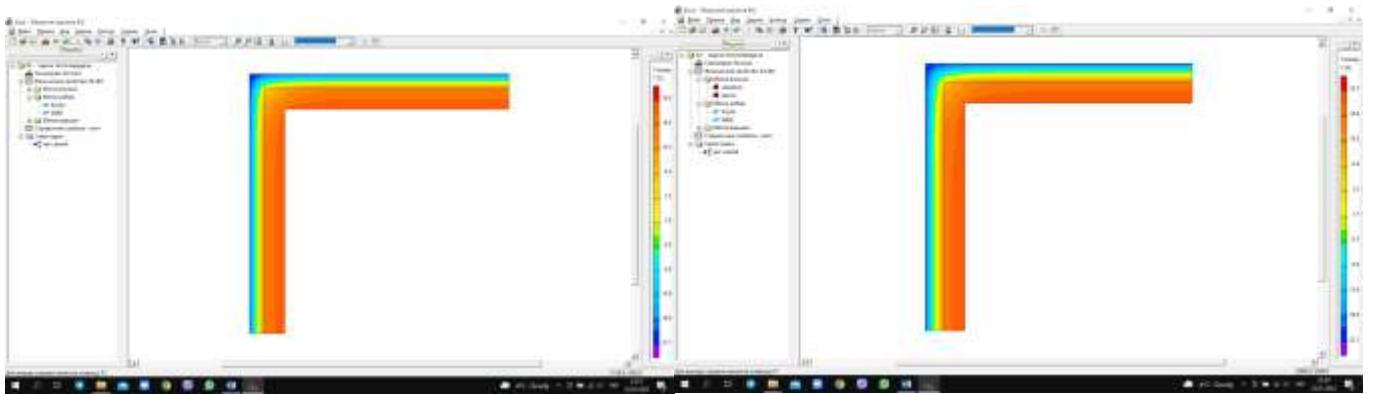
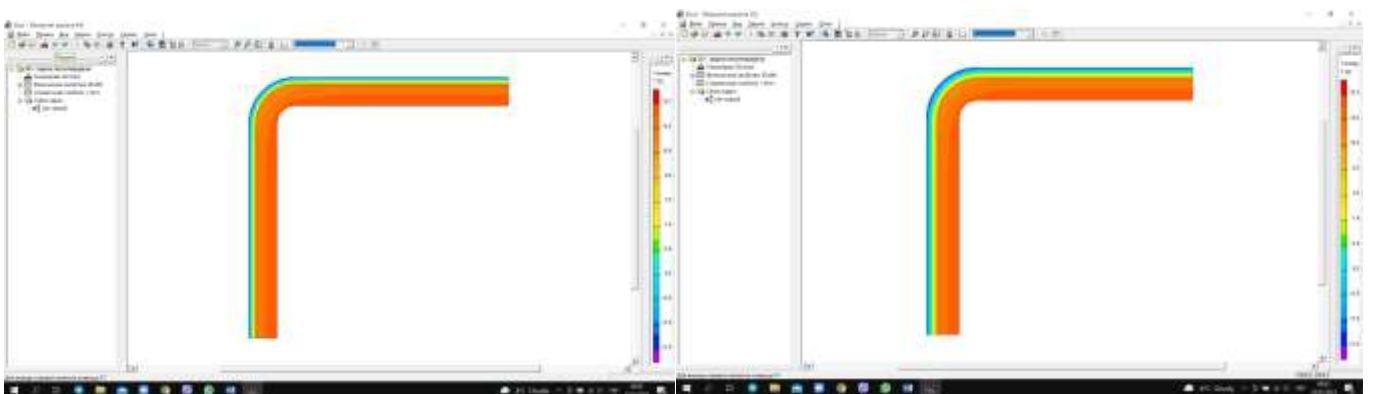


Рисунок 2.29 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.30.

а)

б)



в)

г)

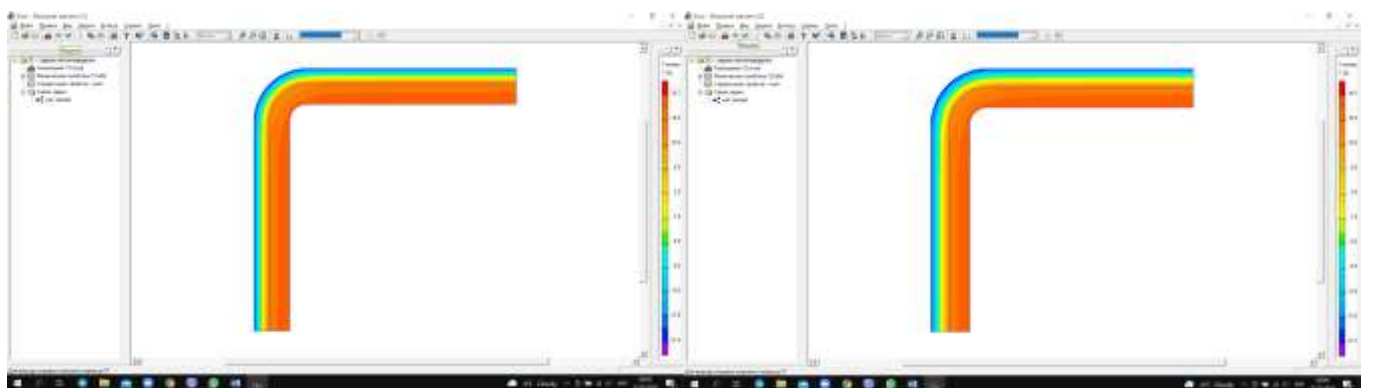
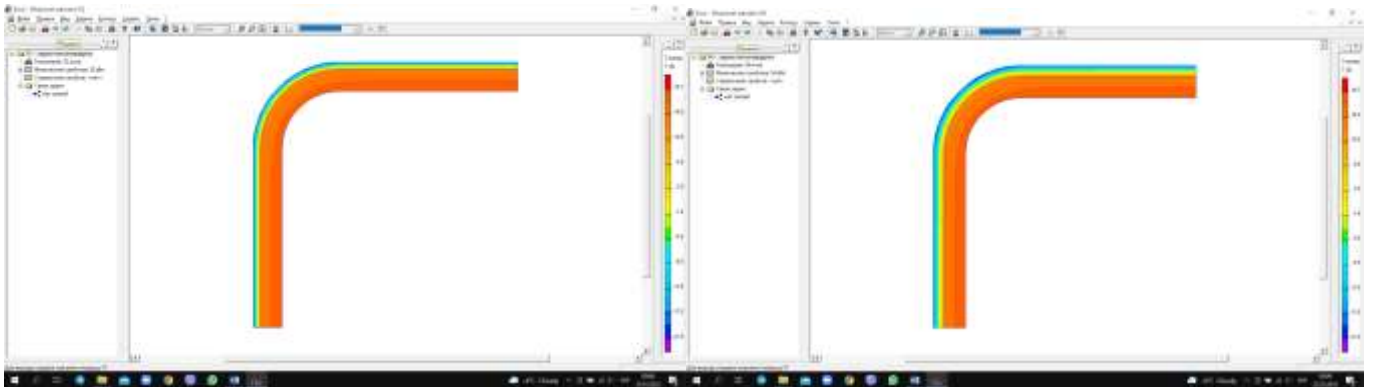


Рисунок 2.30 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 0,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.31.

а)

б)



в)

г)

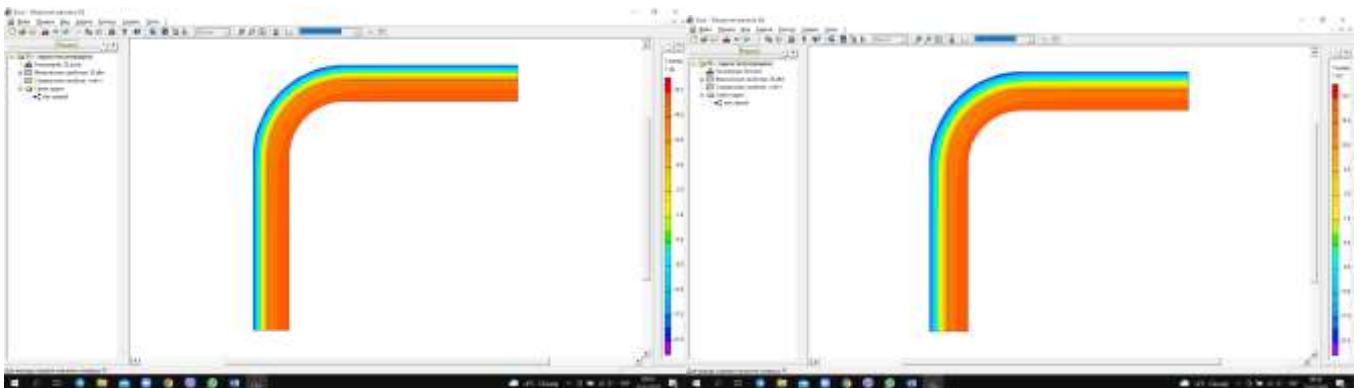
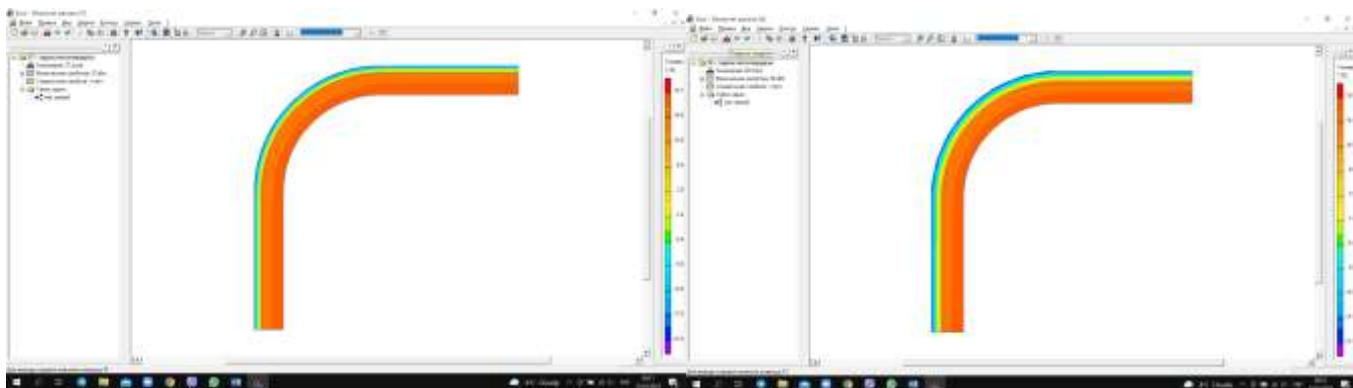


Рисунок 2.31 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.32.

а)

б)



в)

г)

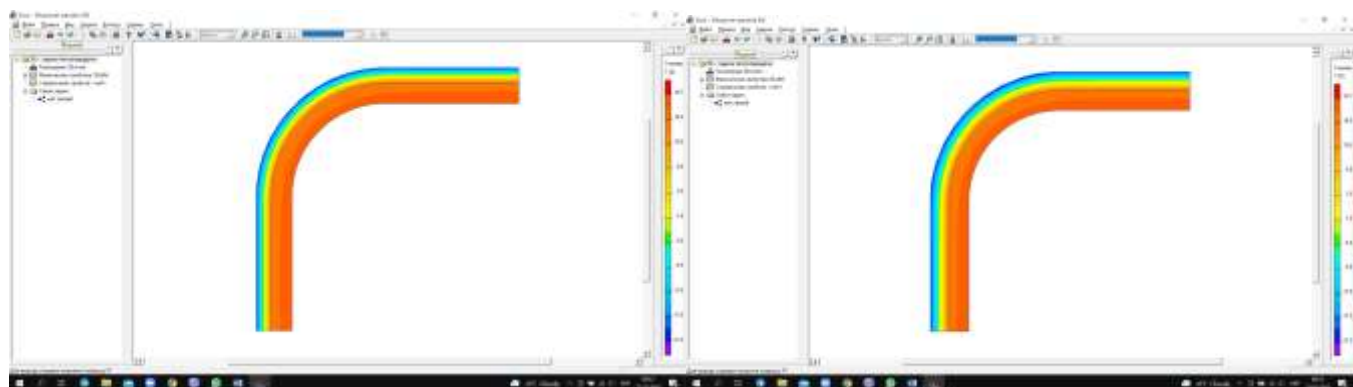
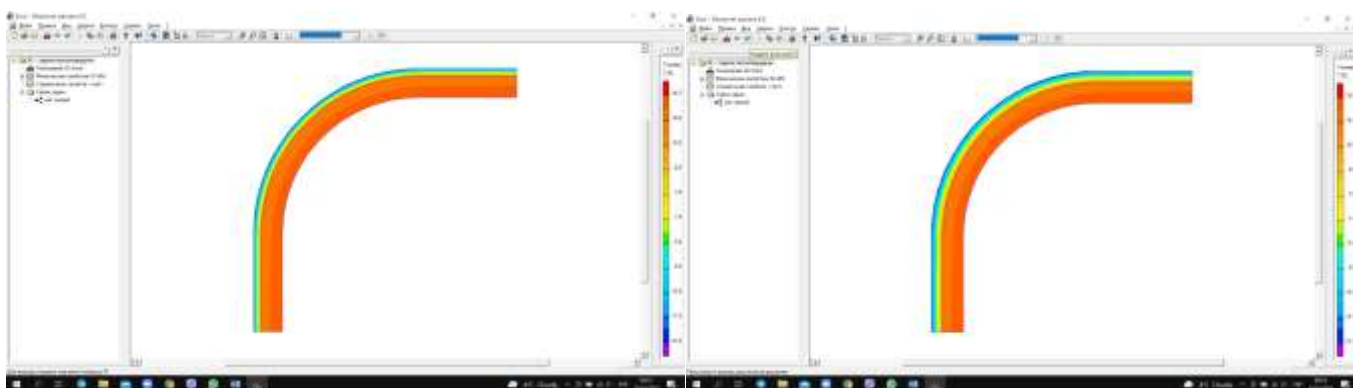


Рисунок 2.32 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 1,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.33.

а)

б)



в)

г)

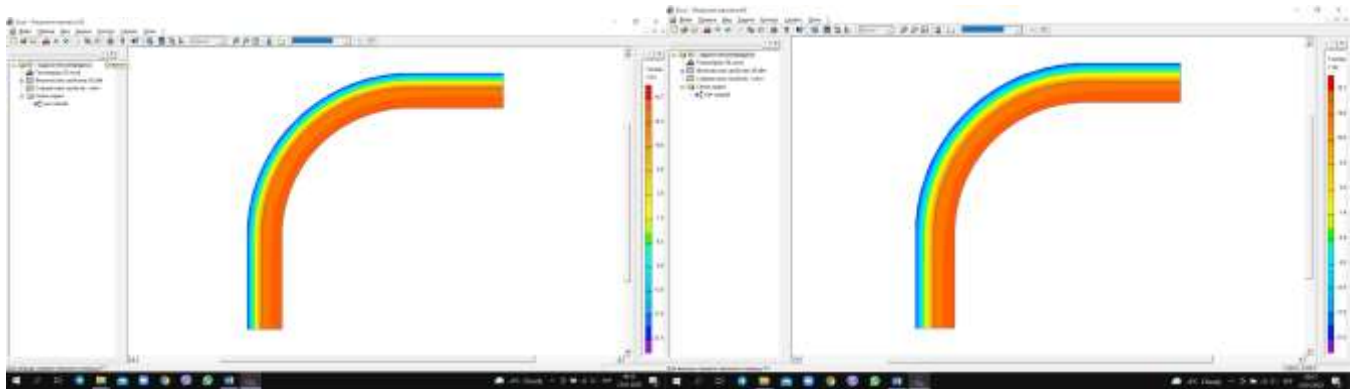
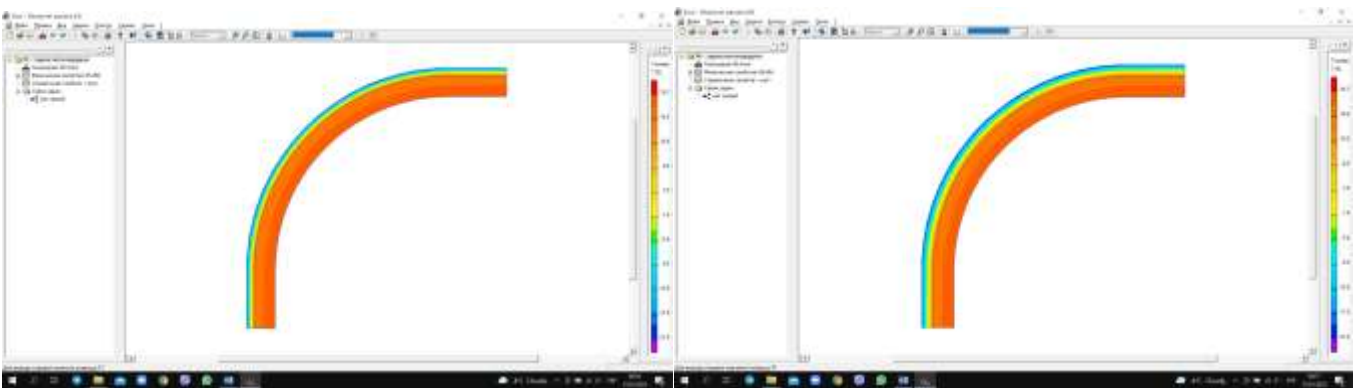


Рисунок 2.33 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2,5 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.34.

а)

б)



в)

г)

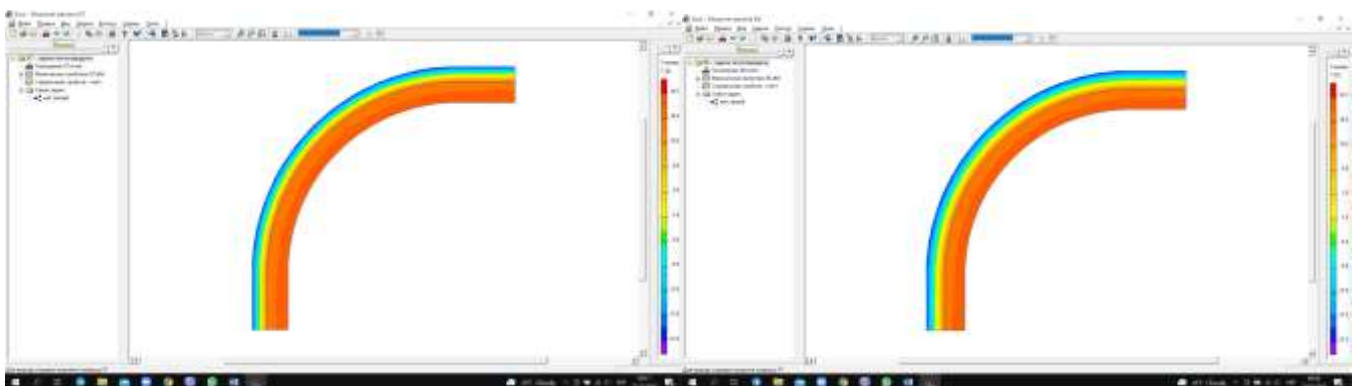


Рисунок 2.34 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 2,5 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 3 м та товщини утеплювача 0,1 м, 0,15 м, 0,2 м, 0,25 м наведені на рис. 2.35.

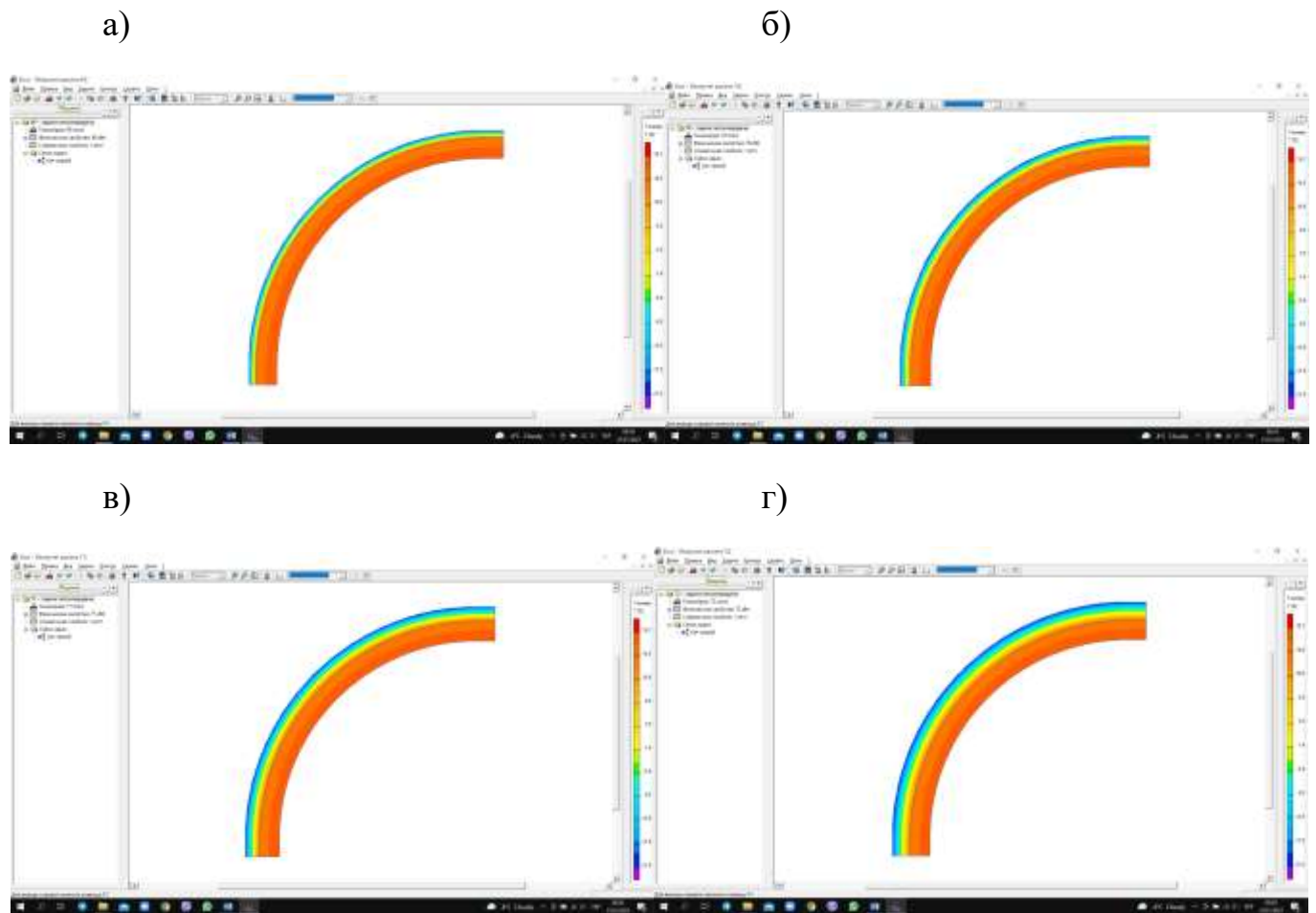


Рисунок 2.35 – Температурні поля з теплопровідністю утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту при радіусу заокруглення стіни 3 м та товщини утеплювача а) 0,1 м, б) 0,15 м, в) 0,2 м, г) 0,25 м

Результати визначення теплопровідності утеплювача наведені у табл. 2.29.

Результати визначення теплопровідності утеплювача при товщині цегляного шару стіни 0,25 м

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Поверхня що відображає залежність необхідної теплопровідності утеплювача (при якій приведений опір теплопередачі ділянки заокругленої стіни буде дорівнювати або більше нормованого опору) від радіуса заокруглення та товщини утеплювача наведена на рис.2.36

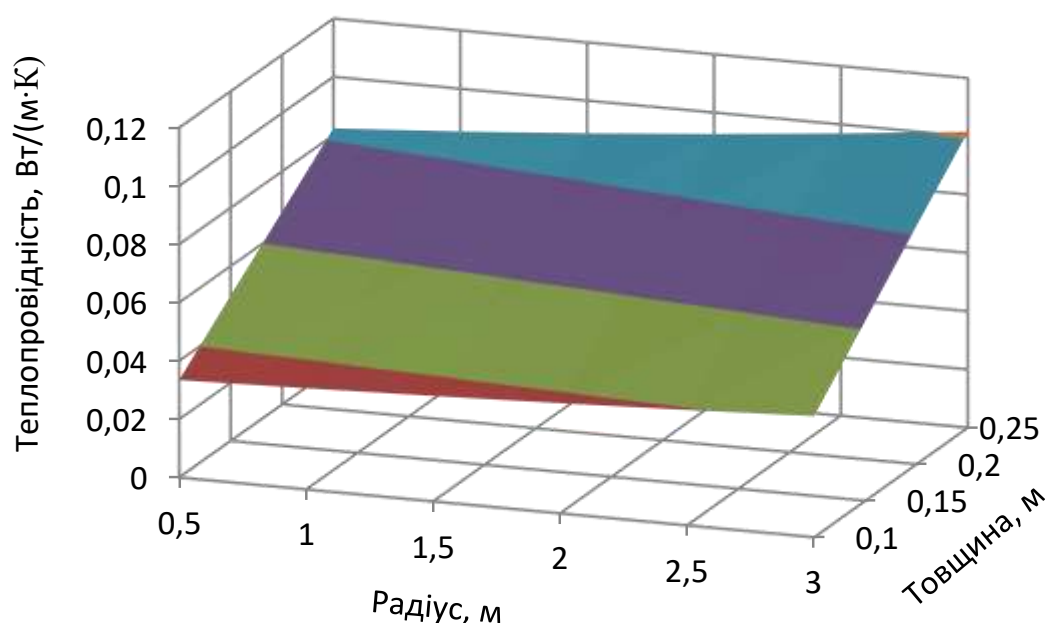


Рис. 2.36 - Залежність необхідної теплопровідності утеплювача від радіуса заокруглення та товщини утеплювача.

Перетворюємо поверхню на площину використовуючи на ній координати трьох точок.

Варіант 1.

Вибрані точки наведені у таблиці.2.30.

Таблиця 2.30

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.36.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,1	0,03342						
3		Точка 2	0,5	0,25	0,0823						
4		Точка 3	3	0,15	0,061883						
5		Радіус	Товщина	Теплопровід.							
6											
7											
8											
9											

Рівняння площини

0,001825 x 0,122200 y -0,375000 z -0,000600 =0

z= 0,004867867 x 0,325866667 y -0,00160060

Рис.2.36 - Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,004867867R + 0,325866667\delta_{\text{ут}} - 0,0016006$$

Де R - радіус заокруглення стіни, м;

$\delta_{\text{ут}}$ – товщина утеплювача, м

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення теплопровідності утеплювача для прийнятих на початку дослідження радіусів заокруглення стіни та товщини утеплювача (табл.2.31)

Таблиця 2.31

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0334	0,0497	0,0660	0,0823
1	0,0359	0,0521	0,0684	0,0847
1,5	0,0383	0,0546	0,0709	0,0872
2	0,0407	0,0570	0,0733	0,0896
2,5	0,0432	0,0594	0,0757	0,0920
3	0,0456	0,0619	0,0782	0,0945

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.32.

Таблиця 2.32

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000
1	-0,0011	-0,0004	0,0002	0,0006
1,5	-0,0021	-0,0006	0,0006	0,0016
2	-0,0029	-0,0007	0,0013	0,0030
2,5	-0,0036	-0,0005	0,0023	0,0049
3	-0,0040	0,0000	0,0037	0,0071

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 2,84%.

Максимальне розходження становить 9,72%.

Для отримання формули що більш точно визначає значення теплопровідності були повторені попередні розрахунки з використанням інших точок.

Варіант 2.

Використані точки показані у таблиці.2.33.

Таблиця 2.33

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823

1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.37.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,2	0,06616						
3		Точка 2	3	0,1	0,04155						
4		Точка 3	3	0,25	0,1016						
5			Радіус	Товщина	Теплопровід.						
6											
7											
8											
9											
10											

Рис.2.37 - Результати отримані в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величина теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = -0,00061R + 0,30733\delta_{\text{ут}} + 0,00301$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.34)

Таблиця 2.34

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0261	0,0461	0,0662	0,0862
1	0,0292	0,0492	0,0692	0,0893
1,5	0,0323	0,0523	0,0723	0,0923
2	0,0354	0,0554	0,0754	0,0954
2,5	0,0385	0,0585	0,0785	0,0985
3	0,0416	0,0616	0,0816	0,1016

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.35.

Таблиця 2.35

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0073	0,0038	0,0000	-0,0039
1	0,0055	0,0025	-0,0006	-0,0040
1,5	0,0039	0,0016	-0,0009	-0,0036
2	0,0024	0,0009	-0,0008	-0,0028
2,5	0,0011	0,0005	-0,0004	-0,0016
3	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 4,1%

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне розходження становить 21,82%

Варіант 3.

Використані точки показані у таблиці.2.36.

Таблиця 2.36

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.37.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,1	0,03342						
3		Точка 2	3	0,1	0,04155						
4		Точка 3	1,5	0,25	0,08877						
5		Радіус	Товщина	Теплопровід.							
6											
7											
8											
9											
10											

Рис.2.37 - Результати розрахунку в EXEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{yt} = 0,003252R + 0,34732\delta_{yt} - 0,002938$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.37)

Таблиця 2.37

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0334	0,0508	0,0682	0,0855
1	0,0350	0,0524	0,0698	0,0871
1,5	0,0367	0,0540	0,0714	0,0888
2	0,0383	0,0557	0,0730	0,0904
2,5	0,0399	0,0573	0,0747	0,0920
3	0,0416	0,0589	0,0763	0,0936

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.38.

Таблиця 2.38

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	-0,0009	-0,0020	-0,0032
1	-0,0003	-0,0006	-0,0012	-0,0018

1,5	-0,0005	-0,0001	0,0001	0,0000
2	-0,0005	0,0007	0,0016	0,0023
2,5	-0,0003	0,0017	0,0034	0,0049
3	0,0000	0,0030	0,0056	0,0080

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 2,33%

Максимальне розходження становить 7,83%

Варіант 4

Використані точки показані у таблиці.2.39.

Таблиця 2.39

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Використовуючи координати цих точок отримуємо формулу площини що проходить крізь ці точки. Формулу отримуємо за допомогою програми РП, яка реалізована в EXEL.

Результати розрахунку в EXEL наведені на рис.2.38.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1			x	y	z						
2		Точка 1	0,5	0,25	0,0823						
3		Точка 2	3	0,25	0,1016						
4		Точка 3	2	0,1	0,0378						
5			Радіус	Товщина	Теплопровід.						
6											
7											
8											
9											
10											

Рис.2.38 - Результати отримані в EXCEL

За результатами розрахунку отримуємо формулу для визначення необхідної величини теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,00772R + 0,373866667\delta_{\text{ут}} - 0,01502667$$

Використовуючи отриману формулу визначаємо значення необхідної теплопровідності утеплювача (табл.2.40)

Таблица 2.40

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0262	0,0449	0,0636	0,0823
1	0,0301	0,0488	0,0675	0,0862
1,5	0,0339	0,0526	0,0713	0,0900
2	0,0378	0,0565	0,0752	0,0939
2,5	0,0417	0,0604	0,0790	0,0977
3	0,0455	0,0642	0,0829	0,1016

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою наведені у табл. 2.41.

Таблиця 2.41

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0072	0,0050	0,0026	0,0000
1	0,0046	0,0030	0,0012	-0,0009
1,5	0,0022	0,0013	0,0001	-0,0012
2	0,0000	-0,0002	-0,0006	-0,0012
2,5	-0,0021	-0,0014	-0,0010	-0,0008
3	-0,0040	-0,0023	-0,0010	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3,92%

Максимальне розходження становить 21,54%

Формула визначення необхідної теплопровідності утеплювача з найменшим середнім та максимальним розходженням має вид

$$\lambda_{yt} = 0,003252R + 0,34732\delta_{yt} - 0,002938$$

Висновки по розділу 2

1. У результаті досліджень отримані залежності теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту, від радіусу заокруглення зовнішньої стіни та товщини утеплювача

2. Середнє розходження між теплопровідністю утеплювача визначеної за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару :

- а) 0,51 м – 2,6%
- б) 0,38 м – 2,36%
- в) 0,25 м – 2,33%

Ця величина розходження дозволяє використовувати отримані залежності у інженерних розрахунках

3. Максимальне розходження між теплопровідністю утеплювача визначеної за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару :

- а) 0,51 м – 8,7%
- б) 0,38 м – 7,95%
- в) 0,25 м – 7,83%

4. Максимальне від'ємне розходження при якому теплопровідність утеплювача не задовольняє виконанню норм теплозахисту становить при товщині цегляного шару:

- а) 0,51 м – 3,8%;
- б) 0,38 м – 3,2%;
- в) 0,25 м – 3,5%

тому у формулах був застосований понижуючий коефіцієнт 0,96.

4. Тоді запропоновані формули набудуть такого остаточного вигляду при товщині цегляного шару :

- а) $0,51 \text{ м} - \lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,002912R + 0,354653\delta_{\text{ут}} - 0,0010813)$
- б) $0,38 \text{ м} - \lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,0033312R + 0,352992\delta_{\text{ут}} - 0,0030148)$
- в) $0,25 \text{ м} - \lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,003252R + 0,34732\delta_{\text{ут}} - 0,002938)$

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Отримані формули дозволяють визначати товщину утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту. Формули мають наступний вигляд при товщині цегляного шару :

$$a) 0,51 \text{ м} - \delta_{\text{ут}} = \frac{\left(\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,002912R + 0,0010813\right)}{0,354653}$$

$$b) 0,38 \text{ м} - \delta_{\text{ут}} = \frac{\left(\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,0033312R + 0,0030148\right)}{0,352992}$$

$$c) 0,25 \text{ м} - \delta_{\text{ут}} = \frac{\left(\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,00325R + 0,002938\right)}{0,34732}$$

6. Отримані формули дозволяють визначати мінімально можливий радіус заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту. Формули мають наступний вигляд при товщині цегляного шару :

$$a) 0,51 \text{ м} - R = \frac{\left(\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,354653\delta_{\text{ут}} + 0,0010813\right)}{0,002912}$$

$$b) 0,38 \text{ м} - R = \frac{\left(\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,352992\delta_{\text{ут}} + 0,0030148\right)}{0,0033312}$$

$$c) 0,25 \text{ м} - R = \frac{\left(\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,34732\delta_{\text{ут}} + 0,002938\right)}{0,003252}$$

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ЗА ЗАПРОПОНОВАНИМИ ФОРМУЛАМИ

3.1. Точність визначення теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту

Визначаємо теплопровідність утеплювача цегляної стіни товщиною 0,51 м при радіусі заокруглення $R = 1,2$ м та товщині утеплювача $\delta_{\text{ут}} = 0,12$ м.

Формула для визначення теплопровідності утеплювача при якій виконуються норми теплозахисту має вигляд

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,002912R + 0,354653\delta_{\text{ут}} - 0,0010813)$$

де R - радіус заокруглення внутрішньої поверхні цегляного шару, м;

$\delta_{\text{ут}}$ - товщина утеплювача, м.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,002912 \times 1,2 + 0,354653 \times 0,12 - 0,0010813) = 0,04317 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі ділянки стіни з заокругленням на основі розрахунку температурного поля.

Розрахункова схема ділянки наведена на рис 3.1

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,002912 \times 1,2 + 0,354653 \times 0,12 - 0,0010813) = 0,04317 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

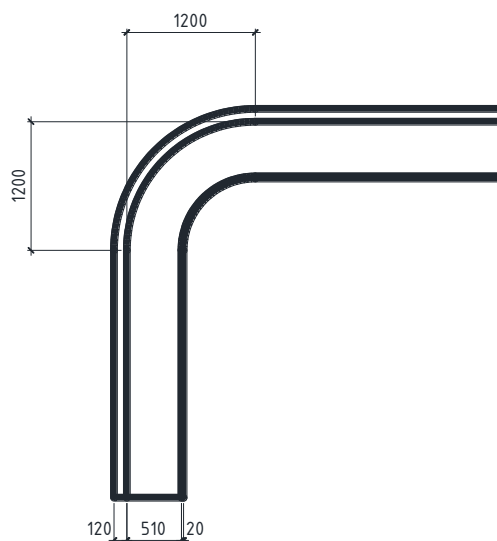


Рис 3.1 – розрахункова схема

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

На рис. 3.2 наведено температурне поле розрахункової ділянки

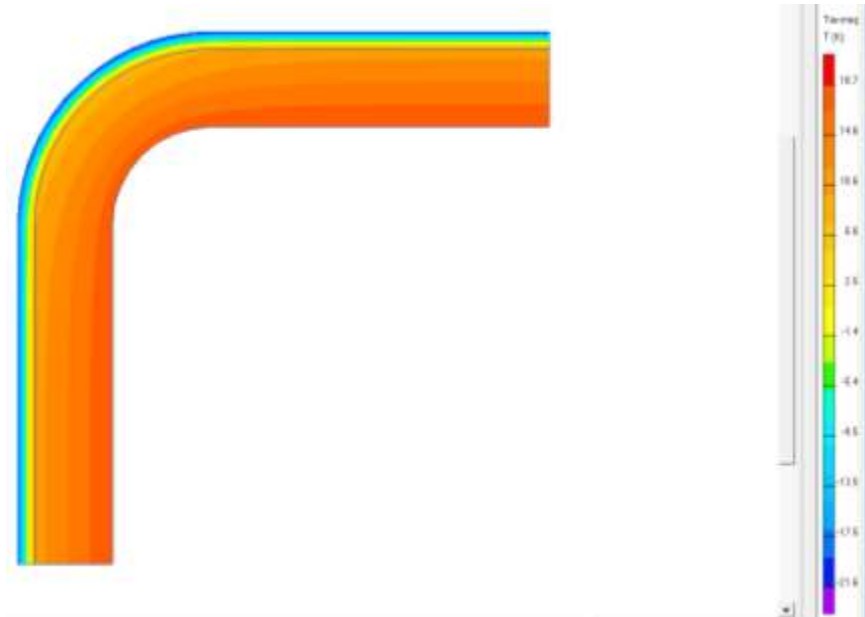


Рис. 3.2 - температурне поле розрахункової ділянки

Тепловий потік, що проходить крізь внутрішню поверхню огороження на розрахунковій ділянці дорівнює

$$Q = 57,633 \text{ Вт}$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі на ділянці заокруглення за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{q} = \frac{20 - (-21)}{9,67} = 4,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де q - щільність теплового потоку, Вт/м^2 , визначаємо за формулою

$$q = \frac{Q}{l \times h} = \frac{57,633}{5,96 \times 1} = 9,67 \text{ Вт/м}^2$$

де l – довжина внутрішньої поверхні розрахункової ділянки, м;

$$l = 1,96 \text{ м}$$

h - висота розрахункової ділянки, м.

$$h = 1 \text{ м}$$

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

Приведений опір теплопередачі ділянки зовнішньої стіни з заокругленням радіусом 1,5 м та товщиною утеплювача 0,1 м при визначеній теплопровідності утеплювача 0,037202 Вт/(м · К) становить $R_{\Sigma пр} = 4,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Це більше нормованого опору теплопередачі, який дорівнює $R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Отже отримана формула дає вірний результат.

3.2. Точність визначення товщини утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту

Визначаємо товщину утеплювача цегляної стіни товщиною 0,38 м при радіусу заокруглення $R = 1,2$ м та теплопровідності утеплювача $\lambda_{ут} = 0,03579$ Вт/(м · К).

Формула для визначення товщини утеплювача при якій виконуються норми теплозахисту має вигляд

$$\delta_{ут} = \frac{\left(\frac{\lambda_{ут}}{0,96} - 0,0033312R + 0,0030148\right)}{0,352992}$$

де R - радіус заокруглення внутрішньої поверхні цегляного шару, м;

$\lambda_{ут}$ - теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К).

$$\delta_{ут} = \frac{\left(\frac{0,03579}{0,96} - 0,0033312 \times 1,2 + 0,0030148\right)}{0,352992} = 0,1 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача 0,1 м.

Визначаємо приведенний опір теплопередачі ділянки стіни з заокругленням на основі розрахунку температурного поля з визначеною товщиною утеплювача..

Розрахункова схема ділянки наведена на рис 3.3

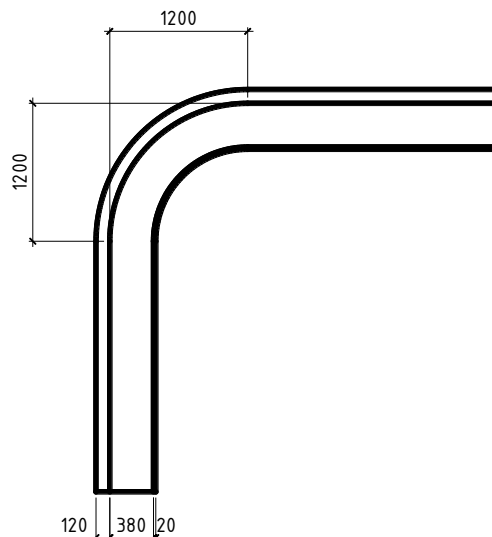


Рис 3.3 – розрахункова схема

На рис 3.4 наведено температурне поле розрахункової ділянки

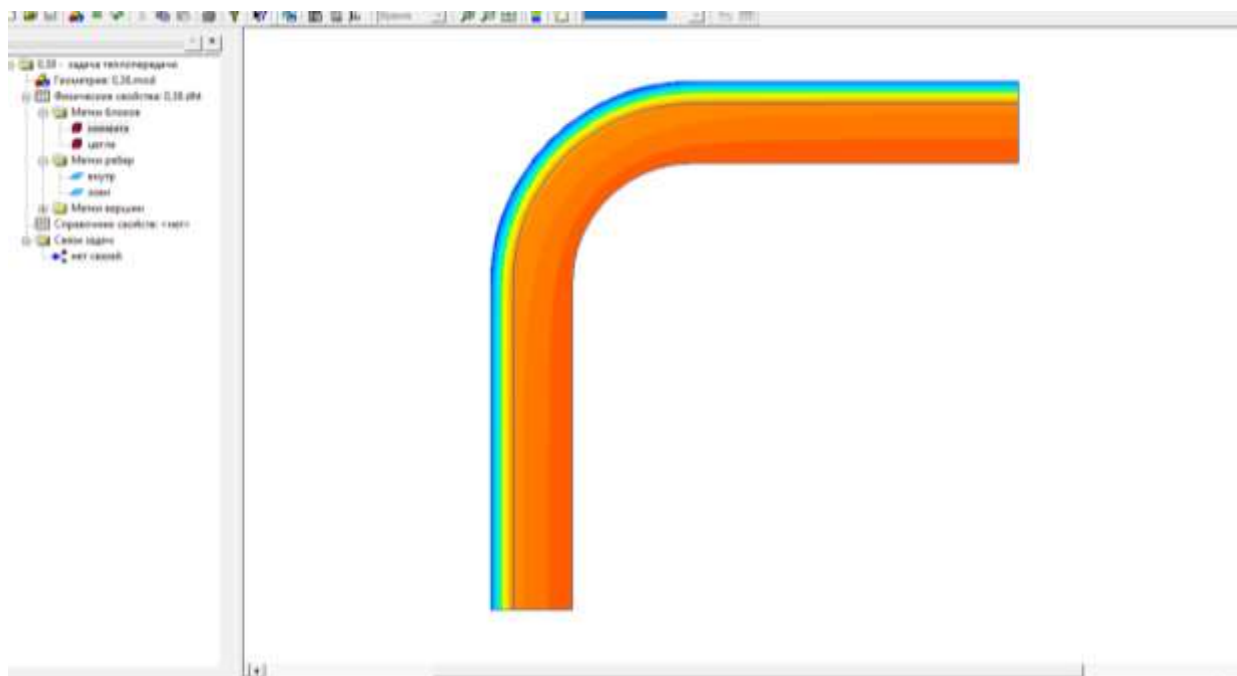


Рис 3.4 - температурне поле розрахункової ділянки

Тепловий потік, що проходить крізь внутрішню поверхню огороження на розрахунковій ділянці дорівнює

$$Q = 53,9807 \text{ Вт}$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі на ділянці заокруглення за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{q} = \frac{20 - (-22)}{9,664} = 4,346 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де q - щільність теплового потоку, Вт/м^2 , визначаємо за формулою

$$q = \frac{Q}{l \times h} = \frac{54,273}{5,616 \times 1} = 9,664 \text{ Вт/м}^2$$

де l – довжина внутрішньої поверхні розрахункової ділянки, м;

h - висота розрахункової ділянки, м.

$$h = 1 \text{ м}$$

Приведений опір теплопередачі ділянки зовнішньої стіни з заокругленням радіусом 1,2 м та товщиною утеплювача 0,1 м при визначеній теплопровідності утеплювача $0,03579 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 4,346 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Це більше нормованого опору теплопередачі, який дорівнює $R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Отже отримана формула дає вірний результат.

3.3. Точність визначення мінімально можливого радіусу заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту

Визначаємо радіус заокруглення цегляної стіни товщиною 0,25 м при товщині утеплювача $\delta_{\text{ут}} = 0,15 \text{ м}$ та теплопровідності утеплювача $\lambda_{\text{ут}} = 0,054 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Формула для визначення теплопровідності утеплювача при якій виконуються норми теплозахисту має вигляд

$$R = \frac{\frac{\lambda_{\text{ут}}}{0,96} - 0,34732\delta_{\text{ут}} + 0,002938}{0,003252}$$

$\lambda_{\text{ут}}$ – теплопровідність утеплювача, $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

$\delta_{\text{ут}}$ – товщина утеплювача, м.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						99
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = \frac{(\frac{0,054}{0,96} - 0,34732 \times 0,15 + 0,002938)}{0,003252} = 2,180 \text{ м}$$

Приймаємо радіус заокруглення стіни 2,18 м,

Визначаємо приведений опір теплопередачі ділянки стіни з заокругленням на основі розрахунку температурного поля з визначеним радіусом заокруглення стіни.

Розрахункова схема ділянки наведена на рис 3.5

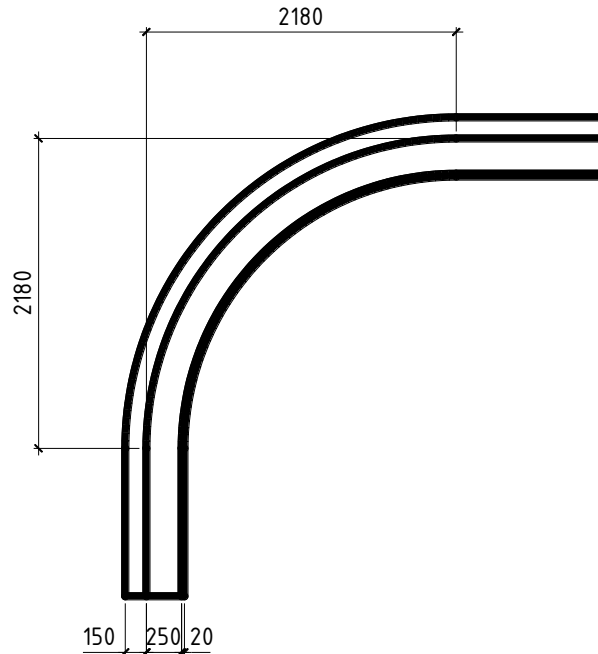


Рис 3.5 – розрахункова схема

На рис 3.6 наведено температурне поле розрахункової ділянки

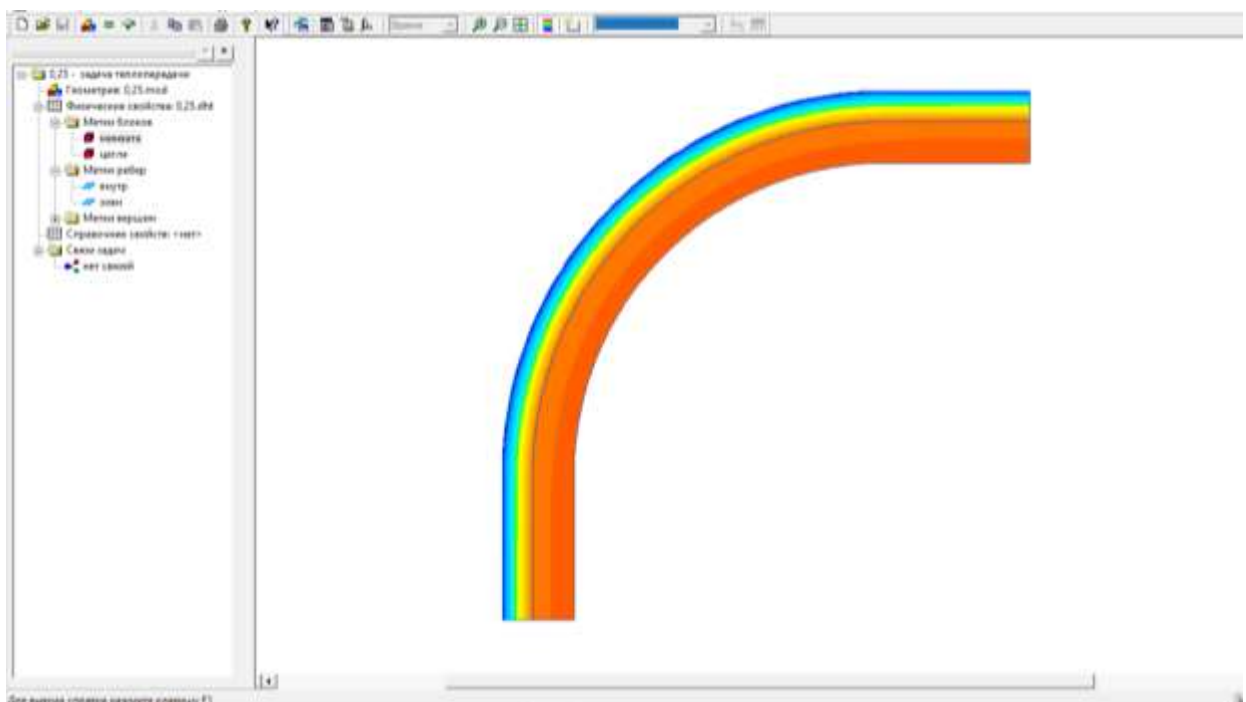


Рис. 3.6 - температурне поле розрахункової ділянки

Тепловий потік, що проходить крізь внутрішню поверхню огороження на розрахунковій ділянці дорівнює

$$Q = 49,292 \text{ Вт}$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі на ділянці заокруглення за формулою

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{з}}}{q} = \frac{20 - (-22)}{9,688} = 4,335 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де q - щільність теплового потоку, Вт/м^2 , визначаємо за формулою

$$q = \frac{Q}{l * h} = \frac{49,292}{5,088 * 1} = 9,688 \text{ Вт/м}^2$$

де l – довжина внутрішньої поверхні розрахункової ділянки, м;

h - висота розрахункової ділянки, м.

$$h = 1 \text{ м}$$

Приведений опір теплопередачі ділянки зовнішньої стіни з заокругленням радіусом 2,18 м та товщиною утеплювача 0,20 м при визначеній теплопровідності утеплювача $0,055 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ становить $R_{\Sigma \text{пр}} = 4,335 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Це більше нормованого опору теплопередачі, який дорівнює $R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Отже отримана формула дає вірний результат.

Висновки по розділу 3

1. Можна виконати розрахунки теплопровідності утеплювача цегляної стіни при відомому радіусі заокруглення та товщині утеплювача.

2. Можна виконати розрахунки товщини утеплювача цегляної стіни при відомому радіусі заокруглення та його теплопровідності.

3. Можна розрахувати мінімально можливий радіус заокруглення цегляної стіни при відомій товщині утеплювача та його теплопровідності.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						102
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті досліджень отримані залежності між теплопровідністю утеплювача, що забезпечують виконання норм теплозахисту, радіусом заокруглення зовнішньої стіни та товщиною її утеплення.

2. Середнє розходження між теплопровідністю утеплювача визначеною за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару: 1) 0,51 м – 2,6%; 2) 0,38 м – 2,36%; 3) 0,25 м – 2,33%

3. Максимальне розходження між теплопровідністю утеплювача визначеною за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару : 1) 0,51 м – 8,7%; 2) 0,38 м – 7,95%; 3) 0,25 м – 7,83%

4. Максимальне від'ємне розходження при якому теплопровідність утеплювача не задовольняє виконанню норм теплозахисту становить при товщині цегляного шару : 1) 0,51 м – 3,8%; 2) 0,38 м – 3,2%; 3) 0,25 м – 3,5%, тому у формулах був застосований понижуючий коефіцієнт 0,96.

5. Запропоновані залежності дозволяють визначити:

- а) Максимальну теплопровідність утеплювача (при якому виконуються норми теплозахисту) в залежності від прийнятих радіусів заокруглення стіни та товщини його утеплювача
- б) Мінімальний радіус заокруглення стіни (при якому виконуються норми теплозахисту) в залежності від прийнятих теплопровідності та товщини утеплювача
- с) Мінімальну товщину утеплювача (при якій виконуються норми теплозахисту) в залежності від прийнятих радіусу заокруглення стіни та теплопровідності утеплювача.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 51 с. https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2020/09/dstu-b-v_2_6-189-2013.pdf (дата звернення: 12.06.2021).
2. <http://www.budportal.com.ua/articles/nazar88/paropronicaemost-25440>
3. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 30 с. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/02/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiya-budivel.pdf> (дата звернення: 12.06.2021).
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. http://uas.org.ua/wp-content/uploads/2019/01/dstu-n_b_v.1.1-27_2010.pdf (дата звернення: 13.06.2021).
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. - К.: Мінрегіон України, 2014.– 37 с. https://drive.google.com/file/d/13M5yj8MXdb54fsxIvIJdhped_FcSQKN7/view (дата звернення: 13.06.2021).
6. ДБН В.2.6-33: 2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 24 с.
7. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. - К. : Мінрегіонбуд України, 2009. - 13 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 29 с.
9. ДСТУ Б В.2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						104
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Іванченко В.Т., Басов Є.В. Вплив теплопровідних включень на властивості конструкцій, що огорожують // Вісник БДТУ імені В. Г. Шухова. 2016. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-teploprovodnyh-vklyucheniya-na-svoystva-ograzhdayuschih-konstruktsiy> (дата звернення: 04.10.2022).

11. Овсянников С.Н., Вязова Т.О. Теплозащитные характеристики внешних стеновых конструкций из теплопроводными включениями // Construction materials. 2013. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplozaschitnye-harakteristiki-naruzhnyh-stenovykh-konstruktsiy-s-teploprovodnymi-vklucheniymi> (дата звернення: 04.10.2022).

12. Білоус Олексій Миколайович, Білоус Ольга Євгеніївна, Кулумбегова Лонда Заурівна, Крахін Станіслав Валерійович ТЕПЛОСТІЙКІСТЬ ЗОВНІШНІХ ОБГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ В ЛІТНІЙ ПЕРІОД. 2021. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teploustoychivost-naruzhnyh-ograzhdayuschih-konstruktsiy-s-teploprovodnymi-vklyucheniymi-v-letniy-period-goda> (дата звернення: 05.10.2022).

13. Протасович А. М., Крутілін Антон Борисович Класифікація вентиляованих фасадних систем. Вплив теплопровідних включень з їхньої теплозахисні характеристики // Magazine of Civil Engineering. 2011. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-ventiliruemyh-fasadnyh-sistem-vliyanie-teploprovodnyh-vklyucheniya-na-ih-teplozaschitnye-harakteristiki> (дата звернення: 05.10.2022).

14. Вязова Татьяна Олеговна, Овсянников Сергей Миколайович Вплив об'ємних теплопровідних включень на розрахунок наведеного опору теплопередачі огорожувальної конструкції // Вісник ТДАСУ. 2015. №2 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obemnykh-teploprovodnyh-vklucheniya-na-raschet-privedenno-soprotivleniya-teploperedache-ograzdayuschey-konstruktsii> (дата звернення: 05.10.2022).

15. Тусніна Ольга Олександрівна, Омелян Олексій Андрійович, Тусніна Валентина Матвіївна Теплотехнічні властивості різних конструктивних систем навісних вентиляованих фасадів // Magazine of Civil Engineering. 2013. №8 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplotekhnicheskie-svoystva-razlichnykh-konstruktivnykh-sistem-navesnykh-ventiliruemyh-fasadov> (дата звернення: 05.10.2022).

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						105
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

16. Козлобродов Олександр Миколайович, Цветков Дмитро Миколайович Просторове теплоперенесення у стіні малоповерхової будівлі з профільованого утепленого бруса з конекторами // Вісник ТДАСУ. 2013. №3 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvennyy-teploperenos-v-stene-maloetazhnogo-zdania-iz-profilirovnono-uteplenno-brusa-s-konnektorami> (дата звернення: 05.10.2022).

17. Кулумбегова Лонда Зауровна, Білоус Олексій Миколайович, Білоус Ольга Євгеніївна, ВПЛИВ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА АМПЛІТУДУ КОЛИВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНОСТІ КАРКАСНО-ЩИТОВИХ БУДІВЕЛЬ. 2022. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-amplitudu-kolebaniya-temperatury-vnutrenney-poverhnosti-karkasno-schitovyh-zdaniy> (дата звернення: 05.10.2022).

18. Данилов Н.Д., Федотов П.А. Стик стін і цокольного перекриття без теплопровідних включень для будівель з підпіллями, що провітрюються // Житлове будівництво. 2017. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/styk-sten-i-tsokolnogo-perekrytiya-bez-teploprovodnyh-vklyucheniy-dlya-zdaniy-s-provetrivaemymi-podpolyami> (дата звернення: 05.10.2022).

19. Долматов С.М., Колесніков П.Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАЛЬНИХ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ, ЩО Огороджує, З ДЕРЕВНО-ЦЕМЕНТНОГО КОМПОЗИТУ // ХБЗ. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-stalnych-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-teplotekhnicheskie-svoystva-ograzhdayuschey-konstruktsii-iz-drevesno> (дата звернення: 05.10.2022).

20. Сурсанов Д.М., Пономарьов А.Б. Визначення наведеного опору теплопередачі стінової панелі, що самонесе // Вісник ПНПУ. Будівництво та архітектура. 2015. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-privedenno-soprotivleniya-teploperedache-samonesuschey-stenovoy-paneli> (дата звернення 06.10.2022).

21. Давидюк О.О. Оцінка впливу теплопровідних включень на наведений опір теплопередачі зовнішніх багатошарових стін на основі легких бетонів на склоподібних наповнювачах // Житлове будівництво. 2014. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-teploprovodnyh-vklucheniy-na>

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		106

[privedennoe-soprotivlenie-teploperedache-naruzhnyh-mnogosloynyh-sten-na-osnove-legkih](#) (дата звернення: 02.10).

22. Мисірова А.М., Місіров М.Х., Хасау Ю.М. Вплив елементів кріпильного каркасу вентиляованого фасаду на теплові втрати будівлі // ІВС. 2017. №2 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-elementov-krepezhnogo-karkasa-ventiliruemogo-fasada-na-teplovye-poteri-zdania> (дата звернення: 06.10.2022).

23. Шибасєва Галина Миколаївна, Ібе Катерина Євгенівна, Баєв Михайло Володимирович, Редіна Олена Віталіївна Аналіз теплового захисту будівель, побудованих із застосуванням вентиляованих фасадних систем // Вісник євразійської науки. 2018. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-teplovoy-zaschity-zdaniy-postroennyh-s-primeneniem-ventiliruemyyh-fasadnyh-sistem> (дата звернення: 06.10.2022).

24. Косих Павло Андрійович Вплив наскрізних металевих включень на опір теплопередачі конструкцій, що огорожують // Вісник ПНПУ. Будівництво та архітектура. 2012. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-skvoznyh-metallicheskih-vklyucheniy-na-soprotivlenie-teploperedache-ograzhdayuschih-konstruktsiy> (дата звернення: 06.10.2022).

25. Лещенко Марина Валентинівна, Семко Володимир Олександрович ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТИНОВИХ ОГРОЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ ПРОФІЛІВ І ПОЛІСТИРОЛБЕТОНУ // Magazine of Civil Engineering. 2015. №8 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplotekhnicheskie-svoystva-stenovykh-ograzhdayuschih-konstruktsiy-iz-stalnykh-tonkostennykh-profiley-i-polistirolbetona> (дата звернення: 06.10.2022).

26. Дмитренко Євген Анатолійович, Білоус Олексій Миколайович, Гончарова Яна Юріївна, Білоус Ольга Євгенівна Зниження температурно-вологісного впливу на залізобетонні конструкції силосів для зберігання цементного клінкеру // Вісник ТДАСУ. 2019. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-temperaturno-vlazhnostnogo-vozdeystviya-na-zhelezobetonnye-konstruktsii-silosov-dlya-hraneniya-tesmentnogo-klinkera> (дата звернення: 06.10.2022).

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						107
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Рибаків Михайло Михайлович, Вплив конструкцій навісної фасадної системи на величину додаткової потужності теплового потоку через віконний укіс // Вісник євразійської науки. 2016. №3 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-konstruktsiy-navesnoy-fasadnoy-sistemy-na-velichinu-dopolnitelnoy-moschnosti-teplového-potoka-cherez-okonnyy-otkos>

(дата звернення: 06.10.2022).

28. Сулейманов К.А., Погорелова І.А., Рябчевський І.С. ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНОЇ ОДНОРІДНОСТІ СТІН З ГІРНИЧО-БЕТОННИХ БЛОКІВ // Вісник БДТУ імені В. Г. Шухова. 2022. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-teplotekhnicheskoy-odnorodnosti-sten-iz-yacheistobetonnyh-blokov> (дата звернення: 06.10.2022).

29. Єлохов Олександр Методики та приклади розрахунку теплових мостів // Будівництво та техногенна безпека. 2015. №1 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-i-primery-rascheta-teplovyyh-mostov> (дата звернення: 06.10.2022).

30. Ібі Катерина Євгенівна, Шибасєва Галина Миколаївна, Гоголь Доброслав Дмитрович, Хрещук Олександр Олександрович, Нікітін Олександр Дмитрович КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ З ПОЗИЦІЇ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-analiz-normativno-regulirovania-teplovoy-zaschity-zdaniy-s-pozitsii-teplotekhnicheskikh-neodnorodnostey> (дата звернення: 07.10.2022).

31. Собакін А.А., Данилов Н.Д., Федотов П.А. Оптимальне утеплення стику стін каркасно-монолітних будівель з підпіллями, що провітрюються // Житлове будівництво. 2016. №1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnoe-uteplenie-styka-sten-karkasno-monolitnyh-zdaniy-s-provetrivaemymi-podpolyami> (дата звернення: 07.10.2022).

32. Турдалієва М. К. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНО НЕОДНОРІДНИХ ЗОВНІШНІХ СТІН Багатоповерхового житлового будинку // Academic research in educational sciences. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-teplotekhnicheski->

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						108
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

neodnorodnyh-naruzhnyh-sten-mnogoetazhnogo-zhilogo-doma (дата звернення: 07.10.2022).

33. Файзуллін Ренат Ілдусович, Малих Дмитро В'ячеславович, Галин Артем Вікторович Вимірювальна система волоконно-оптичного датчика // Євразійський Союз вчених. 2015. №7-2 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmeritelna-sistema-volokonno-opticeskogo-datchika> (дата звернення: 07.10.2022).

34. Горшков Олександр Сергійович, Римкевич Павло Павлович, Ватин Микола Іванович МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ НЕСТАЦІОНАРНОГО ПЕРЕНОСУ ТЕПЛА У СТИНОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ З ГАЗОБЕТОННИХ БЛОКІВ // Magazine of Civil Engineering. 2014. №8 (52). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-protesssov-nestatsionarno-perenosa-tepla-v-stenovykh-konstruktsiyah-iz-gazobetonnyh-blokov> (дата звернення: 07.10.2022).

35. Халімов Олег Закірович, Шибасва Галина Миколаївна, Ібе Катерина Євгенівна, Портнягін Денис Геннадійович Удосконалення антисейсмічних поясів безкаркасних будівель для підвищення енергоефективності // Вісник євразійської науки. 2018. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-antiseysmicheskikh-poyasov-beskarkasnyh-zdaniy-dlya-povysheniya-energoeffektivnosti> (дата звернення: 07.10.2022).

36. Голубєв С.С. Визначення наведеного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій з урахуванням чисельного розрахунку розподілу температурних полів // Науково-технічний вісник Поволжя. 2011. № 5. С. 93-97.

37. Макаров Р.А., Мураєв П.М., Макаров А.М. Визначення поправки до термічного опору при квазістаціонарному режимі теплопередачі у зовнішніх стінах, виконаних із цегли // Сучасні проблеми науки та освіти. 2015. № 1-1.С. 1992-1992.

38. Міков А.В., Балускін А.Л. Вплив теплопровідних включень на розрахунок наведеного опору теплопередачі фасаду житлової будівлі з використанням розрахунків температурних полів // Науково-технічний прогрес як механізм розвитку сучасного товариства: збірник статей Міжнародної науково-практичної конференції. Уфа, 2020. С. 38-45.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

39. Білоус О.М., Котов Г.А., Сапронов Д.А., Новіков Б.А. Визначення опору теплопередачі за нестационарного теплового режиму // Вісник Томського державного архітектурно-будівельного університету. 2020. Т. 22. № 6. С. 83-93.

40. Неклюд А.Ю. Облік теплотехнічних неоднорідностей огорож при визначення теплового навантаження на систему опалення будівлі// Житлове будівництво. 2014. № 6. С. 3-7.

41. Плющенко Н.Ю. Визначення термічного опору вентильованого прошарку НФС // Будівництво: наука та освіта. 2015. № 1. С. 1-1.

42. . Тусніна О.А. Теплотехнічний розрахунок конструкцій чисельними методами // ВісникМДСУ. 2013. № 11. С. 91-99.

43. . Богословський В.М. Будівельна теплофізика (теплофізичні основи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря). Москва: Вища школа, 1982. 415 с

44. Кошлатий О.Б. Залежність теплостійкості зовнішніх стінок від їх конструктивного рішення // Нові ідеї нового століття: матеріали Міжнародної наукової конференції ФАД ТОГУ. 2013. Т. 2. С. 357-360.

45. Малявіна Є.Г., Усманов Ш.З. Обмеження амплітуди коливань температури приміщення в теплу пору року // Вісник цивільних інженерів. 2017. № 2 (61). С. 188-194.

46. Горшков А.С., Римкевич П.П. Діаграмний метод опису процесу нестационарної теплопередачі// Інженерно-будівельний журнал. 2015. №8 (60). С. 68-82.

47. Панферов В.І., Панферов С.Ф. Застосування методу частотних передавальних функцій для вирішення одного завдання теплостійкості огородження // Вісник Північно-Уральського державного університету Серія: Будівництво та архітектура. 2015. Т. 15. №1.С. 48-51.

48. Кутуєв М.Д., Манапбаєв І.К. Використання методу інтерполювання для розрахунку теплостійкості конструкцій, що захищають в умовах Киргизстану // Вісник КРСУ. 2017. Т. 17. № 5. С. 157-159.

49. Єзерський В.А., Монастирьов П.В. «Вплив вентильованого фасаду на теплозахисні якості утеплювача »/ / Житлове будівництво. 2003. №3. С. 18-20.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						110
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

50. Гузачов О.М. Розрахунок наведеного опору теплопередачі зовнішньої стіни будівлі, ослабленою теплопровідними включеннями у вигляді кріпильного каркасу вентиляованого фасаду RVENT) / Свідоцтво про офіційну реєстрацію програми для ЕОМ №2004611234. Зареєстровано у Реєстрі програм для ЕОМ 20 травня 2004 р.

51. Блюджюс Р., Самаяаускас Р. Вплив пересування повітря на теплопередачу конструкцій з теплоізоляцією з мінераловатних плит // Проблеми будівельної теплофізики систем забезпечення мікроклімату та енергозбереження у будинках: Матеріали шостої науково-технічної конференції. Москва, НДІСФ, 26-28 квітня, 2001 р. С. 157-188.

52. Самаяаускас Р., Станкявічюс Ст., Блюджюс Р. Вплив конвекції на теплопередачу через вентиляовані огорожі. Каунас: Технологія, 2003. 125 с.

53. Овсянніков С.М., В'язова Т.О. Теплозахисні характеристики зовнішніх стінових конструкцій з теплопровідними включеннями// Будівельні матеріали. 2013. №6. С. 24-28.

54. Немова Д.В. Інтегральні характеристики термогравітаційної конвекції у повітряній прошарку навісних вентиляованих фасадів // Інженерно-будівельний журнал. 2013. №2(15). С. 25-34.

55. Явтушенко О.Б. Основи гідравлічного розрахунку навісних вентиляованих фасадів // Будівництво унікальних будівель та споруд. 2013. №2(7). С. 55-61.

56. Корнієнко С.В. Температурно-вологий режим зовнішніх стін з вентиляованим фасадом // Academia. Архітектура та будівництво. 2009. №5. С. 389-394.

57. Тусніна О.А. Обчислювальний комплекс TEPЛ для теплотехнічного розрахунку будівельних конструкцій на основі розв'язання задачі стаціонарної тривимірної теплопровідності // Збірник доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Науково-технічна творчість молоді – шлях до суспільства, заснованого на знаннях». М., 2013. С. 154-157.

58. Цветков, Д.М. Теплотехнічне обґрунтування зовнішніх огорож будівель з клеєних дерев'яних енергоефективних сортиментів/Д.М. Цветков // Вісник ТДАСУ. - 2012. - № 2. - С. 81-90.

59. Гагарін, В.Г. Вимоги до теплозахисту та енергетичної ефективності у проекті актуалізованого СНіП «Тепловий захист будівель» / В.Г. Гагарін, В.В. Козлов // Житлове будівництво. – 2011. – № 8. – С. 1–6.

60. Забалуєва Т.Р., Захаров А.В., Степенкова Є.А. Конструкції та матеріали в сучасному малоповерховому будівництві // Будівельні матеріали, обладнання, технології ХХІ століття. 2012. №5. 18–19 с.

61. Кулумбегова Л.З., Білоус О.М., Білоус О.Є., Крахін С.В. Теплостійкість зовнішніх огорожувальних конструкцій із теплопровідними включеннями у літній період року // Вісник Томського державного архітектурно-будівельного університету. 2021. Т. 23. № 6. С. 129-142. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-129-142

62. Крайнов Д.В., Садиков Р.А. Визначення додаткових потоків теплоти через елементи фрагменту конструкції, що захищає // Житлове будівництво. – 2012. – № 6. – С. 10–12.

63. Данилов Н.Д. Температурний режим цокольного перекриття у будинках з холодними підпіллями // Житлове будівництво. 1999. № 10. С. 24-26.

64. Фокін К.Ф. Будівельна теплотехніка огорожувальних частин будівель. М.: Будвидав, 1937.с. 287

65. Машенко А.Н., Чебурканова О.В. Визначення коефіцієнта теплотехнічної однорідності навісних фасадних систем із повітряним зазором // Будівельні матеріали. 2007. № 6. С. 10-12.

66. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкін Н. В. Енергоефективні будинки. М: АВОК-ПРЕС, 2003. 200 с.

67. Богословський В.М. Тепловий режим будівлі. М.: Будвидав, 1979, 248 с. Шеїна С.Г., Міненко О.М. Аналіз та розрахунок «містків холоду» з метою підвищення енергетичної ефективності житлових будівель // Інженерний вісник Дону. 2012. №4. URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/131.pdf_1097.pdf

68. Малявіна Є.Г. Тепловтрати будівлі. Довідковий посібник. М.: АВОК-ПРЕС, 2007. 265 с.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						112
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

69. Самарін О.Д. Розрахунок питомих тепловтрат через точкові теплотехнічні неоднорідності при використанні актуалізованої редакції СНіП 23-02 // Вісті вищих навчальних закладів. Будівництво. 2014. № 1 (661). С. 81-85.

70. Садиков Р.А., Крайнов Д.В. Визначення додаткових потоків теплоти через елементи фрагмента огорожувальної конструкції // Житлове будівництво. 2012 року. № 6. С. 10-12.

71. Калініна О.І. Особливості формування мікроклімату в приміщеннях з підвищеною вологістю, врахуванням теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій/А.І. Калініна, А.Р. Макаров, Є.С. Аралів / / Інновації та Інвестиції. - 2021. - № 3. С. 256-259.

72. Пастушков П.П., Гагарін В.Г. Кількісна оцінка Енергоефективності енергозберігаючих заходів // Будівельні матеріали. 2013. № 6. С. 7-9.

73. Деркач В.М., Найчук О.Я. Експериментальні дослідження міцності кам'яної кладки з пазогребневих силікатних блоків // Промислове та цивільне будівництво. 2016. № 6. С. 77-82.

74. Монастирьов П.В. Фізико-технічні та конструктивно-технологічні основи термомодернізації огорожувальних конструкцій житлових будівель (на прикладі центрально-чорноземного регіону): дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01. Тамбов, 2005. 345 с.

75. Матрос Ю.А. Енергозбереження у будинках. Проблема та шляхи її вирішення. М.: НДІСФ, 2008. 496 с.

76. Мачинський В.Д. Теплотехнічні основи будівництва М.: Будвидав, 1949. 325 с.

77. Савін В.К. Будівельна фізика: енергоперенесення, енергоефективність, енергозбереження. М: Лазур, 2005. 432 с.

78. Чернишов А.А., Іванов В.І. Забезпечує теплові режими виробів електронної техніки. - М.: Енергія, 1980. - 212 с.

79. Протасевич А.М., Крутілін А.Б. Класифікація вентильованих фасадних систем. Вплив теплопровідних включень з їхньої теплозахисні характеристики // Інженерно-будівельний журнал. 2011. № 8 (26). С. 57-62.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						113
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

80. Крайнов Д.В., Сафін І.Ш., Любимцев А.С. Розрахунок додаткових тепловтрат через теплопровідні включення огорожувальних конструкцій (на прикладі вузла віконного укусу) // Інженерно-будівельний журнал. 2010. № 6 (16). С. 17-22.

81. Данилов Н.Д., Шадрін В.Ю., Павлов Н.М. Аналіз впливу локальних теплопровідних включень на температурний режим конструкцій, що огорожують // Промислове та цивільне будівництво. 2009. № 6. С. 32-33.

82. Гагарін В.Г., Неклюдов А.Ю. Врахування теплотехнічних неоднорідностей огорож при визначенні теплової навантаження на систему опалення будівлі // Житлове будівництво. 2014. № 6. С. 3–7.

83. Беляєв В.С. Енергоефективність зовнішніх стін великопанельного домобудівництва// Житлове будівництво. 2011. № 7. С. 23-26.

84. Данилов Н.Д., Шадрін В.Ю., Павлов Н.М. Аналіз впливу локальних теплопровідних включень на температурний режим конструкцій, що огорожують // Житлове будівництво. 2011. № 7. С. 23-26.

85. Лівчак, В.І. Енергетична ефективність будівель. До чого призведе СП 50.13330.2012 «Тепловий захист будівель» та як виконати постанову Уряду Росії/В.І. Лівчак // Енергосвітло. - 2013. - № 2 (27). – С. 32–42.

86. Граник Ю.Г. Теплоефективні стіни житлових та громадських будівель // Енергозбереження. 2002. № 12. С. 56-59.

87. Умнякова Н.П. Теплопередача через огорожувальні конструкції з урахуванням коефіцієнтів випромінювання внутрішніх поверхонь приміщення // Житлове будівництво. 2014. № 6. С. 14-17.

88. Grinfeld G.I. Perfomance Characteristics of Autoclaved Aerated Concrete with Density 400 kg/cub.m // Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. No. 5(10). Pp. 28–57.

89. Stritih U. Heat Transfer Enhancement in Latent Heat Thermal Storage System for Buildings // Energy and Buildings. 2003. No. 35(11). Pp. 1097– 1104. doi:10.1016/j.enbuild.2003.07.001

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
						114
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

90. Harmati N., Jakšić Ž., Vatin N. Energy consumption modelling via heat balance method for energy performance of a building // In: Procedia Engineering. 2015. Pp. 786–794. doi:10.1016/j.proeng.2015.08.238
91. Girault M., Petit D. Identification methods in nonlinear heat conduction. Part II: inverse problem using a reduced model // Int. Journal of Heat and Mass. 48(1). 2005. Pp 119–133. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2004.06.033
92. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A. Energy efficiency improvement of aerated concrete block wall fences // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 945. 012006. doi:10.1088/1757-899X/945/1/012006
93. Siu W.M. Discrete Formulation Using Thermal Resistance for Conduction Heat Transfer Analysis of Sphere Packings. The Hong Kong University of Science and Technology Library. 2001. 144 p. doi:10.14711/thesis-b710751
94. Peng P.F., Qin X.M., Wu Y.S. Performance Study on Masonries of Different Aerated Concrete Blocks // Key Engineering Materials. 2014. 633. Pp. 299–302.
95. Tsilingiris P.T. Parametric Space Distribution Effects of Wall Heat Capacity and Thermal Resistance on the Dynamic Thermal Behavior of Walls and Structures // Energy and Buildings. No. 38(10), 2006. Pp 1200–1211. doi:10.1016/J.ENBUILD.2006.02.007
96. Yang F., Sun L.Z., Xie Z. L. Theoretical Study on Optimal Design of Thermal Performance of Aerated Concrete-Based Composite Thermal Insulation Wall // Advanced Materials Research. 2012. 450–451. Pp. 663–666. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.450-451.663
97. Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Marushko M.V., Ryabchevskiy I.S. Energy-efficient double-row masonry of the exterior walls in the buildings made of cellular concrete blocks // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. 913. 022044. doi:10.1088/1757- 899X/913/2/022044
98. Roulet C.-A., Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les b timents. Second ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, 2010.
99. Ghazi Wakili K., Simmler H., Frank T. Experimental and numerical thermal analysis of a balcony board with integrated glass fiber reinforced polymer GFRP elements // Energy and Buildings. 2007. Vol. 39, Is. 1, pp. 76–81.

					601-БП.9555055.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		115

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА
ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ
КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**«ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ЗОВНІШНЬОГО ЗАОКРУГЛЕНОГО КУТА»**

ВИКОНАЛА: СТУДЕНТКА 6 КУРСУ

ГРУПИ 601-БП НОРКА А.Р.

КЕРІВНИК: К.Т.Н., ДОЦ. ЮРІН О.І.



РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ

Актуальність теми.

Одним із напрямів підвищення архітектурної виразності житлових і громадських будинків є використання заокруглених зовнішніх кутів. Заокруглений зовнішній кут з точки зору будівельної фізики, є теплопровідним включенням. Теплозахисні властивості кута менші ніж пласкої стіни. Пояснюється це тим, що площа теплосприйняття кута менша ніж площа тепловіддачі. Визначення теплозахисних властивостей кутів виконується з використанням температурних полів, що є доволі складною задачею. Тому отримання простих інженерних залежностей між теплопровідністю і товщиною утеплювача та радіусом заокруглення стіни є актуальною задачею.

Мета роботи.

Дослідити залежність між теплопровідністю утеплювача та величиною радіуса заокруглення стіни і товщиною утеплювача.

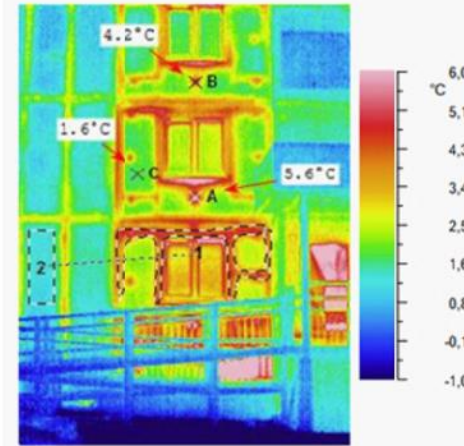


Рис. 1.2 Тепловізійний знімок існуючої стінової панелі

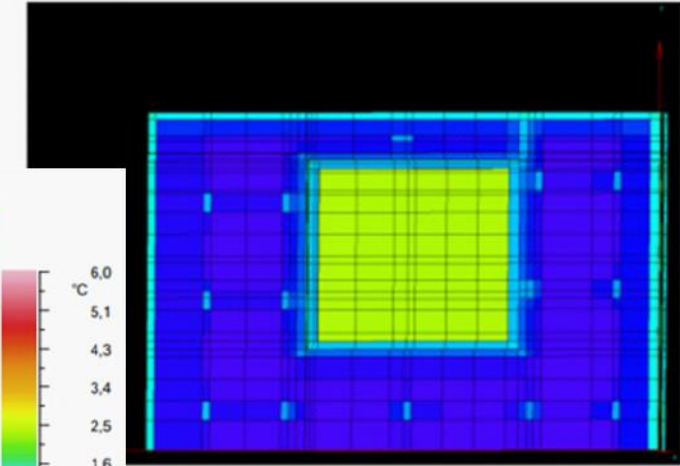


Рис. 1.1 Результати комп'ютерного моделювання температурного поля у тривимірному наближенні зовнішньої стінової панелі

Іванченка В.Т. запропонував розрахунок опору теплопередачі зовнішньої стінової панелі. У статті було зіставлено теоретичний варіант обчислення з практичним. Та на прикладі зовнішньої стінової панелі показана схема розрахунку двовимірними та тривимірними тепловими полями.

						601-БП 9555055			
						Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута			
Зм.	Лист	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	Житловий будинок	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив			Нарка А.Р.				ДП	1	17
Перевірив			Крич О.І.						
Консультував			Крич О.І.						
Н.контр.			Крич О.І.			Актуальність теми, мета роботи	Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра ЕНМД		
Затвердив			Сенко О.В.						

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТЕПЛОПРОВІДНИМИ ВКЛЮЧЕННЯМИ

Ібе Катерина у своїй статті провела оцінку панельних будинків різних поколінь щодо теплових втрат. З метою виявлення характерних місць виникнення теплових потоків, і дефектів, які впливають на тепловий захист. Було зроблено візуальний огляд об'єктів та дослідження за допомогою теплової зйомки. Також вдалося виявити проблеми конструкцій таких будівель.

У статті здійснено розрахунок приведенного термічного опору огорожувальної конструкції шляхом обчислення теплових втрат через плоскі елементи фасаду.

Мисіров А.М. досліджує вплив кріпильних елементів каркасу вентильованого фасаду на теплові втрати будівлі, а також визначив чисельну оцінку цих втрат, на прикладі 7-поверхового житлового будинку.

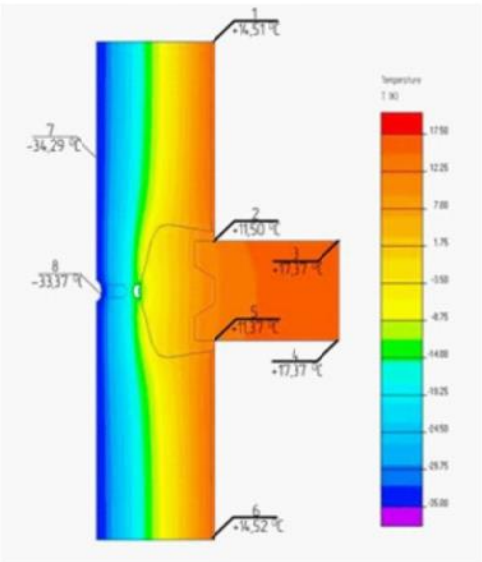


Рис. 1.3 Температурне поле вузла примикання внутрішньої стіни до зовнішньої огорожувальної конструкції

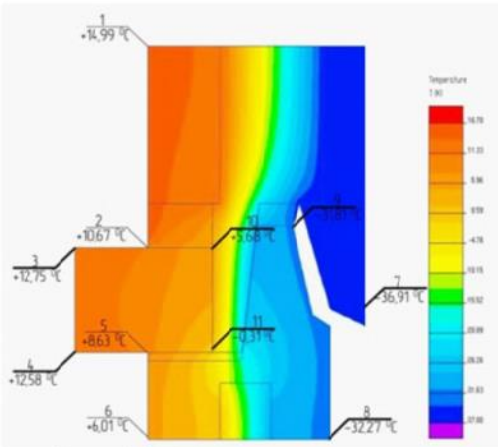


Рис. 1.3 Температурне поле вузла примикання плити покриття до зовнішньої тришарової стіни

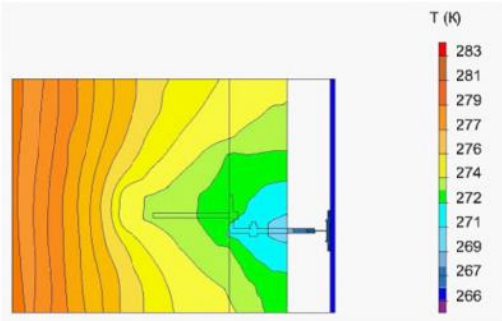


Рис. 1.4 Температурне поле розрахункового вузла

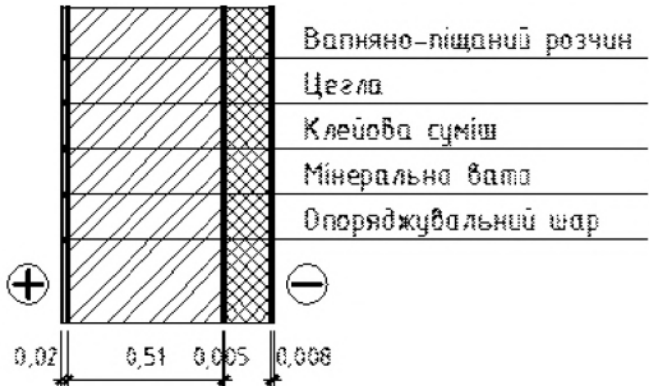
Висновки по розділу 1

- 1. Багато вітчизняних та закордонних авторів займалися дослідженнями теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями.
- 2. Більшість досліджень були пов'язані з: Визначенням приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій з використанням розрахунків температурних полів
- Розробкою методики визначення приведенного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями
- Аналізом впливу фасадних навісних систем на теплозахисні властивості огороження
- Підвищенням енергозберігаючих якостей огорожувальних конструкцій

601-БП 9555055					
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Зм.	Кільк.	Арж.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив	Нарка А.Р.				
Перевірив	Крич О.І.				
Консультував	Крич О.І.				
Н.контр.	Крич О.І.				
Затвердив	Сенко О.В.				
Житловий будинок			Стадія	Аржув.	Аржув.
			ДП	2	17
Короткі відомості публікації авторів, які займалися теплопровідними включеннями			Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра ЕНБД		

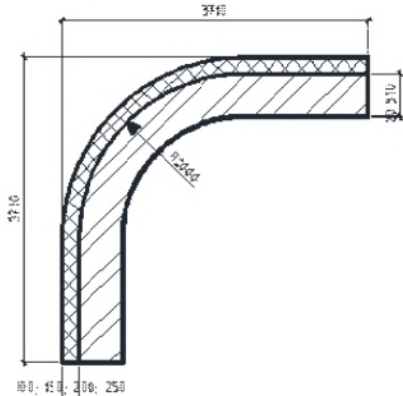
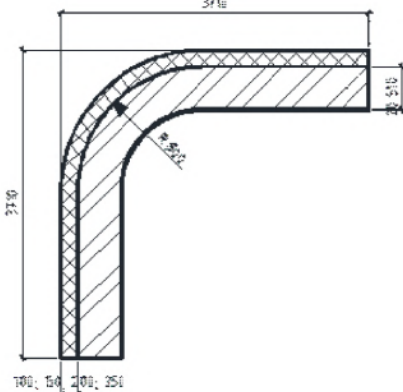
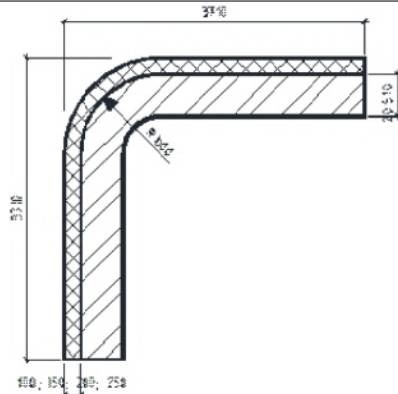
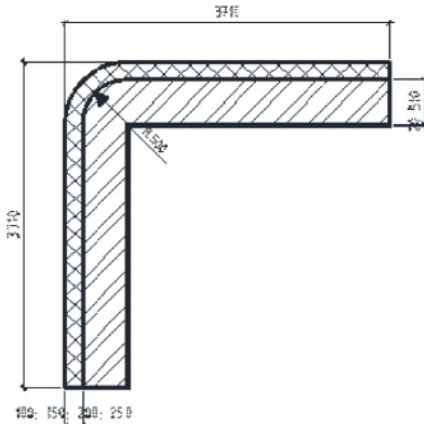
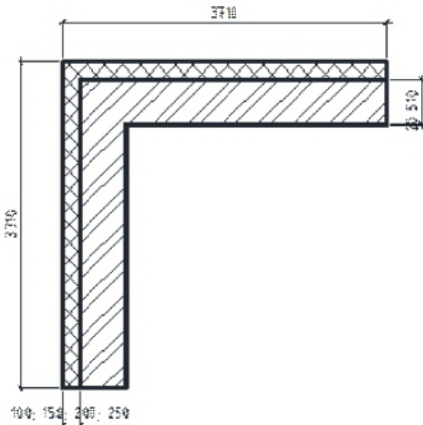
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Схема огорожувальної конструкції зовнішньої стіни



Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області. Розрахункова температура зовнішнього повітря приймалася $t_3 = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (I-а температурна зона), а внутрішня $t_{\text{в}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (житловий будинок).

Радіус заокруглення зовнішнього кута стіни при товщині огорожувальної конструкції 510 мм

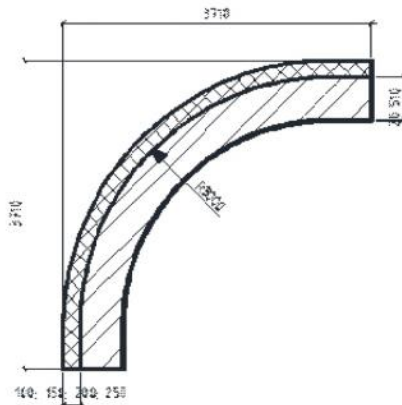
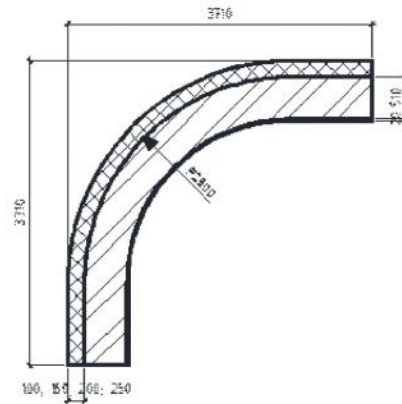


Характеристика шарів огорожувальної конструкції

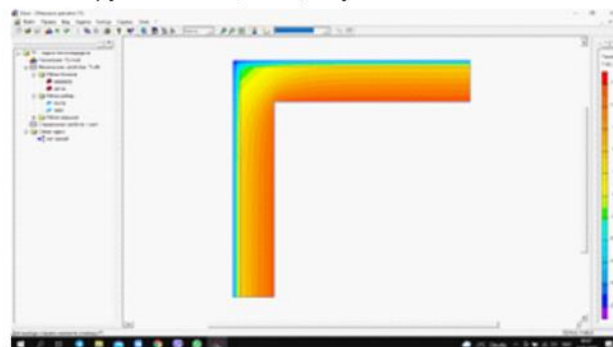
№	Найменування	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,81
2	Цегла	0,81
3	Клейова суміш	0,93
4	Утеплювач	
5	Шар опорядження	0,93

601-БП 9555055					
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Житловий будинок				Стадія	Аркш
				ДП	3
Фрагмент огорожувальної конструкції, варіанти заокруглення зовнішнього кута стіни товщиною 510 мм				Аркш	17
				Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БТД	
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив		Нарка А.Р.			
Перевірив		Крич О.І.			
Консультував		Крич О.І.			
Н.контр.		Крич О.І.			
Затвердив		Сенко О.В.			

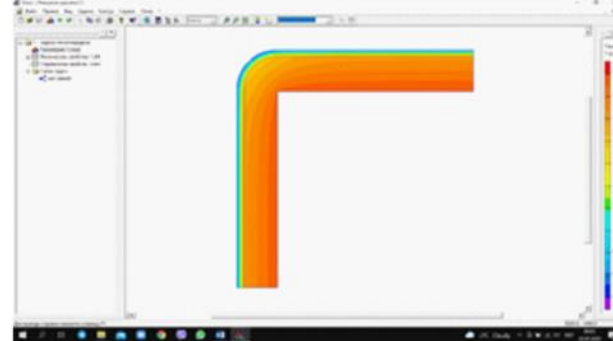
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА



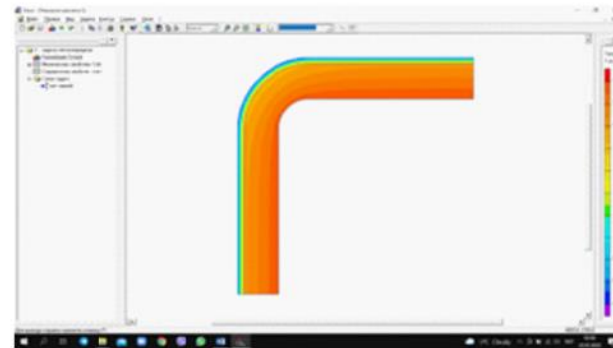
Температурне поле зовнішнього кута стіни при товщині огорожувальної конструкції 510 мм, радіусом заокруглення 0 м, товщині утеплювача 100 мм



Температурне поле стіни при товщині стіни 510 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 0,5 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 510 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 1 м



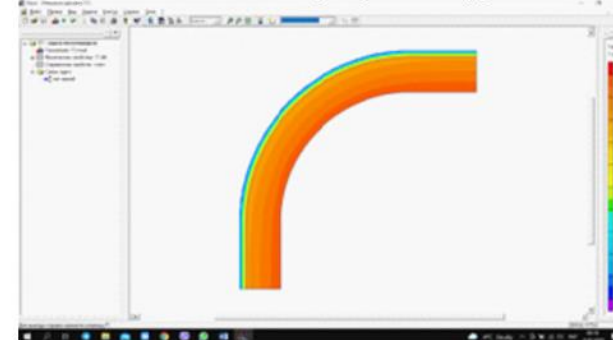
Температурне поле стіни при товщині стіни 510 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 1,5 м



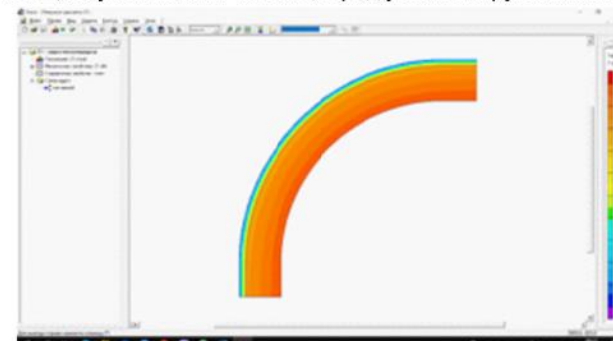
Температурне поле стіни при товщині стіни 510 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 2 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 510 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 2,5 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 510 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 3 м



				601-БП 9555055			
				Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута			
Зм.	Ілук.	Арх.	М. док.	Підп.	Дата	Житловий будинок	
Розробив	Нарк. А.Р.					Стадія	Архив
Перевірив	Кри. О.І.					ДП	4
Консультував	Кри. О.І.					17	
Н. контр.	Кри. О.І.					Варіанти заокруглення зовнішнього кута стіни, температурні поля при товщині стіни 510 мм	
Затвердив	Сенко О.В.					Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БІНД	

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Варіант 1

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м				Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
				0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,0431	0,0643	0,0851	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0537	0,0715	0,0894
1	0,0379	0,0558	0,0737	0,0915
1,5	0,0401	0,0579	0,0758	0,0937
2	0,0422	0,0600	0,0779	0,0958
2,5	0,0443	0,0622	0,0800	0,0979
3	0,0464	0,0643	0,0822	0,1000

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	0,0002	0,0003	0,0000
1	-0,0020	-0,0022	-0,0025	-0,0031
1,5	-0,0027	-0,0021	-0,0018	-0,0017
2	-0,0031	-0,0017	-0,0007	0,0002
2,5	-0,0033	-0,0011	0,0009	0,0026
3	-0,0033	0,0000	0,0029	0,0056

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3%
Максимальне розходження становить 8%

Варіант 2

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м				Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
				0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0358	0,0539	0,0718	0,0358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,0359	0,0536	0,0711	0,0359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,0374	0,0558	0,0740	0,0374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,0391	0,0583	0,0773	0,0391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,0410	0,0611	0,0810	0,0410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,0431	0,0643	0,0851	0,0431	0,0643	0,0851	0,1056

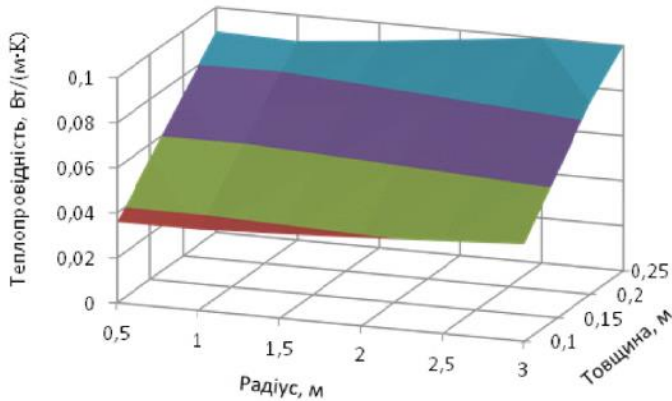
Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0331	0,0539	0,0747	0,0956
1	0,0351	0,0559	0,0767	0,0976
1,5	0,0371	0,0579	0,0787	0,0996
2	0,0391	0,0599	0,0808	0,1016
2,5	0,0411	0,0619	0,0828	0,1036
3	0,0431	0,0639	0,0848	0,1056

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0028	0,0000	-0,0029	-0,0062
1	0,0008	-0,0023	-0,0056	-0,0091
1,5	0,0033	-0,0021	-0,0048	-0,0076
2	0,0030	-0,0016	-0,0035	-0,0056
2,5	-0,0001	-0,0008	-0,0018	-0,0030
3	0,0030	0,0003	0,0003	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3,4%
Максимальне розходження становить 10%



601-БП 9555055			
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута			
Зм.	Ільк.	Арх.	№ док.
Розробив	Нарк. А.Р.	Підп.	Дата
Перевірив	Кри. О.І.		
Консультував	Кри. О.І.		
Н.контр.	Кри. О.І.		
Затвердив	Сенко О.В.		
Житловий будинок		Стадія	Архив
		ДП	5
Результати теплопровідності утеплювача при товщині стіни 510 мм		Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БІОД	
варіанти знаходження формул			

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Варіант 3

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,3584	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,374	0,0558	0,0740	0,09195
2	0,391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,4312	0,0643	0,0851	0,1056

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2			x	y	z						
3	Точка 1		0,5	0,1	0,03584						
4	Точка 2		1,5	0,25	0,09195						
5	Точка 3		3	0,1	0,04312						
6			Радіус	Товщина	Теплопровід.						
7			Рівняння площини								
8			0,001092 x + 0,132995 y - 0,375000 z - 0,000406 = 0								
9			z = 0,002912 x + 0,354653 y - 0,0010813								

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03584	0,05357	0,07131	0,08904
1	0,03730	0,05503	0,07276	0,09049
1,5	0,03875	0,05648	0,07422	0,09195
2	0,04021	0,05794	0,07567	0,09341
2,5	0,04166	0,05940	0,07713	0,09486
3	0,04312	0,06085	0,07859	0,09632

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,00000	0,00033	0,00049	0,00034
1	-0,00138	-0,00141	-0,00163	-0,00202
1,5	-0,00135	-0,00069	-0,00025	0,00000
2	-0,00111	0,00056	0,00158	0,00258
2,5	-0,00066	0,00170	0,00382	0,00569
3	0,00000	0,00340	0,00649	0,00933

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за розрахунком температурного поля та формулою становить 2,6%.
Максимальне розходження становить 8,8%.

Варіант 4

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,358	0,0539	0,0718	0,0894
1	0,359	0,0536	0,0711	0,0885
1,5	0,374	0,0558	0,0740	0,0920
2	0,391	0,0583	0,0773	0,0960
2,5	0,410	0,0611	0,0810	0,1006
3	0,431	0,0643	0,0851	0,1056

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2			x	y	z						
3	Точка 1		0,5	0,25	0,0894						
4	Точка 2		3	0,25	0,1056						
5	Точка 3		1,5	0,1	0,0374						
6			радіус	товщина	коефіцієнт						
7			Рівняння площини								
8			0,002430 x + 0,146200 y - 0,375000 z - 0,000480 = 0								
9			z = 0,00648 x + 0,38967 y - 0,01131								

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0309	0,0504	0,0699	0,0894
1	0,0342	0,0537	0,0731	0,0926
1,5	0,0374	0,0569	0,0764	0,0959
2	0,0406	0,0601	0,0796	0,0991
2,5	0,0439	0,0634	0,0829	0,1024
3	0,0471	0,0666	0,0861	0,1056

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0049	0,0035	0,0019	0,0000
1	0,0018	0,0000	-0,0020	-0,0042
1,5	0,0000	-0,0011	-0,0024	-0,0039
2	-0,0015	-0,0018	-0,0024	-0,0031
2,5	-0,0029	-0,0023	-0,0019	-0,0018
3	-0,0040	-0,0024	-0,0010	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 3,6%.
Максимальне розходження становить 13,7%.

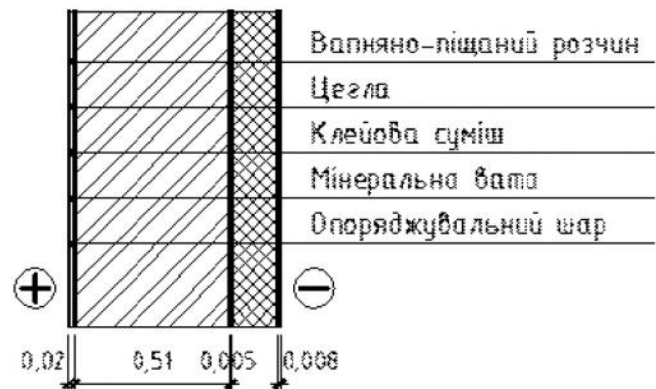
Формула визначення необхідної теплопровідності утеплювача з найменшим середнім та максимальним розходженням має вид.

$$\lambda_{\text{ут}} = 0,96(0,002912R + 0,354653\delta_{\text{ут}} - 0,0010813)$$

						601-БП 9555055					
						Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Зм.	Кільк.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Житловий будинок			Стадія	Архив	Архувів
Розробив	Нарка А.Р.					Житловий будинок			ДП	6	17
Перевірив	Кри О.І.										
Консультував	Кри О.І.					Варіанти знаходження формул, формула теплопровідності утеплювача, при товщині стіни 510 мм			Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра ЕНД		
Н.контр.	Кри О.І.										
Затвердив	Сенко О.В.										

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Схема огорожувальної конструкції зовнішньої стіни

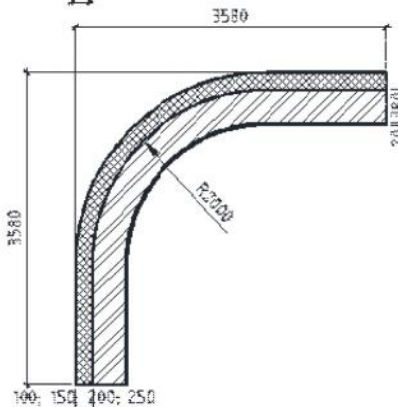
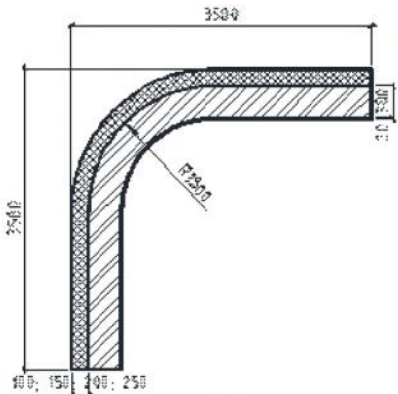
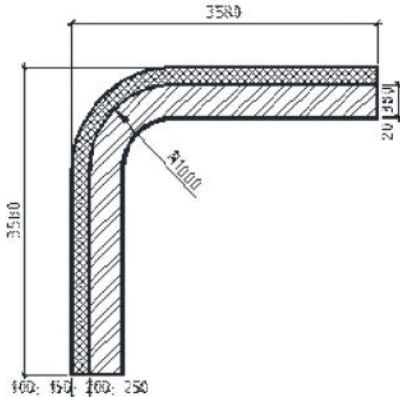
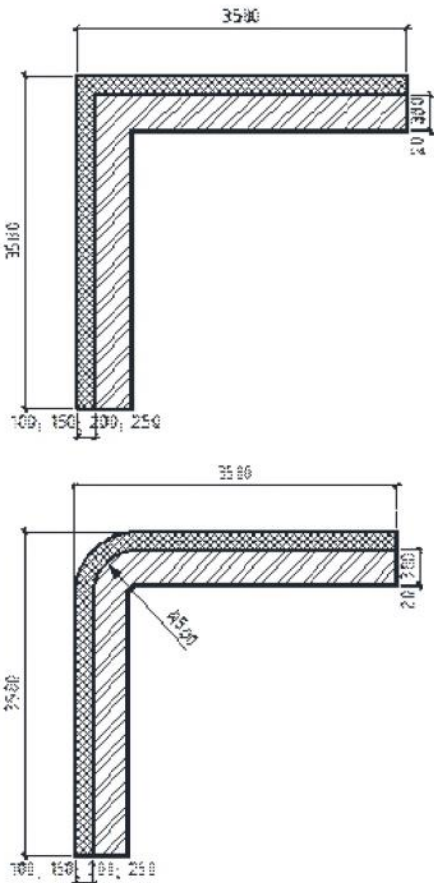


Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,81
2	Цегла	0,81
3	Клейова суміш	0,93
4	Утеплювач	
5	Шар опорядження	0,93

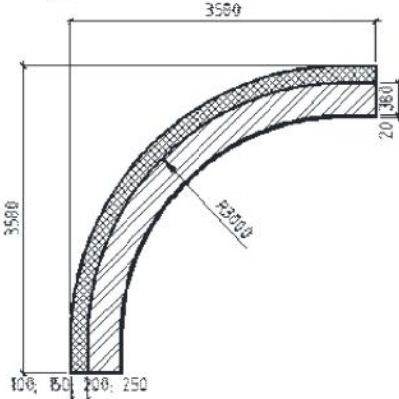
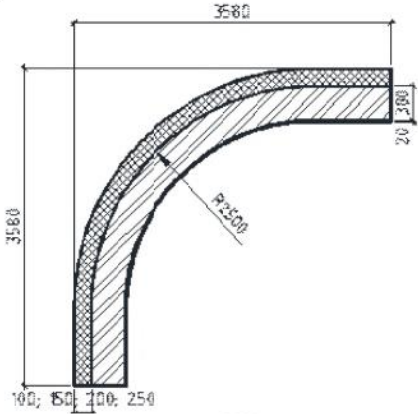
Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області. Розрахункова температура зовнішнього повітря приймалася $t_3 = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (I-а температурна зона), а внутрішня $t_{\text{в}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (житловий будинок).

Радіус заокруглення зовнішнього кута стіни при товщині огорожувальної конструкції 510 мм

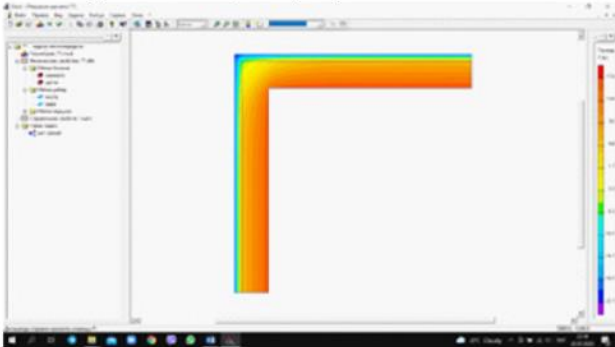


601-БП 9555055					
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Житловий будинок				Стадія	Аркш
				ДП	17
Фрагмент огорожувальної конструкції, варіанти заокруглення зовнішнього кута стіни товщиною 380 мм				Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БТД	
Зм.	Іл.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив	Нарка А.Р.				
Перевірив	Кри О.І.				
Консультував	Кри О.І.				
Н.контр.	Кри О.І.				
Затвердив	Сенко О.В.				

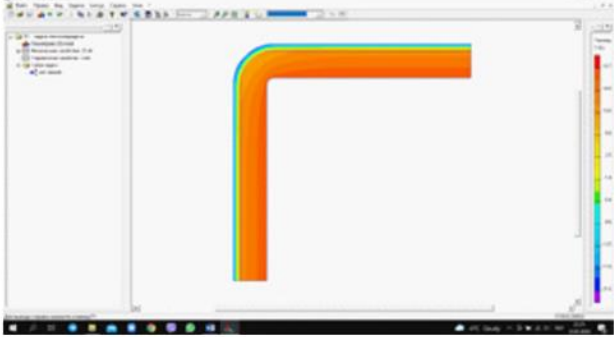
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА



Температурне поле зовнішнього кута стіни при товщині огорожувальної конструкції 380 мм, радіусом заокруглення 0 м, товщині утеплювача 100 мм



Температурне поле стіни при товщині стіни 380 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 0,5 м



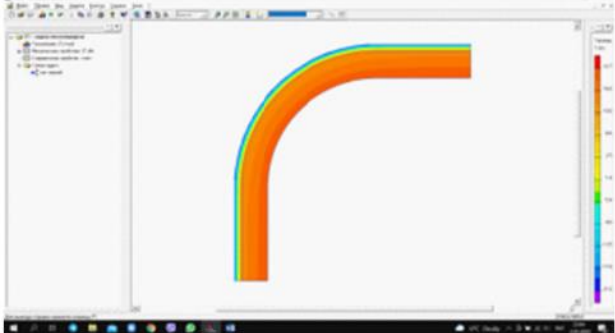
Температурне поле стіни при товщині стіни 380 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 1 м



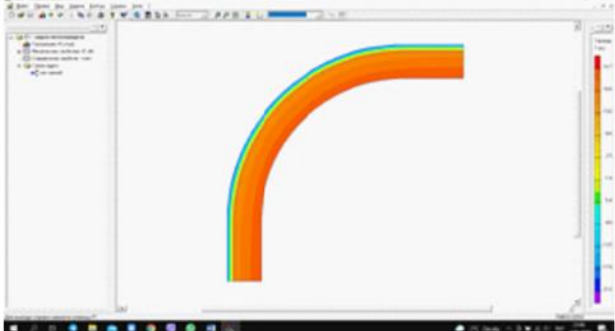
Температурне поле стіни при товщині стіни 380 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 1,5 м



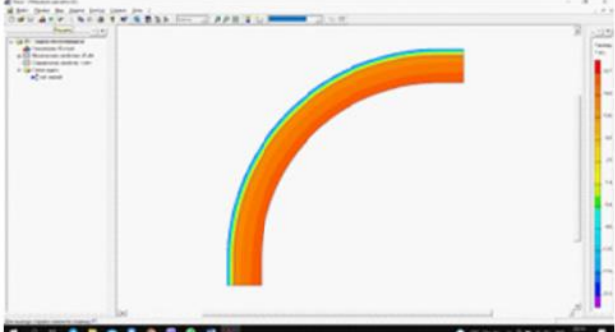
Температурне поле стіни при товщині стіни 380 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 2 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 380 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 2,5 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 380 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 3 м



						601-БП 9555055				
						Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута				
Зм.	Ілук.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Житловий будинок	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Розробив	Нарка А.Р.						ДП	8	17	
Перевірив	Крич О.І.									
Консультував	Крич О.І.									
						Варіанти заокруглення зовнішнього кута стіни, температурні поля при товщині стіни 380 мм	Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БІНД			
Н.контр.	Крич О.І.									
Затвердив	Сенко О.В.									

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Варіант 1

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Точка	x	y	z
Точка 1	0,5	0,1	0,03395
Точка 2	0,5	0,25	0,08362
Точка 3	3	0,15	0,06796

Радіус Товщина Теплопровід.

Рівняння площини

$0,001868 x + 0,124175 y - 0,375000 z - 0,000620 = 0$

$z = 0,00498 x + 0,38113 y - 0,00165$

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0340	0,0505	0,0671	0,0836
1	0,0364	0,0530	0,0696	0,0861
1,5	0,0389	0,0555	0,0720	0,0886
2	0,0414	0,0580	0,0745	0,0911
2,5	0,0439	0,0605	0,0770	0,0936
3	0,0464	0,0630	0,0795	0,0961

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,00000	0,00017	0,00018	0,00000
1	-0,00119	-0,00042	0,00019	0,00065
1,5	-0,00220	-0,00071	0,00055	0,00163
2	-0,00303	-0,00075	0,00130	0,00308
2,5	-0,00369	-0,00053	0,00237	0,00501
3	-0,00413	0,00000	0,00383	0,00737

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 2,9%
Максимальне розходження становить 9,76%

Варіант 2

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Точка	x	y	z
Точка 1	0,5	0,1	0,06725
Точка 2	3	0,1	0,042278
Точка 3	3	0,25	0,10345

Радіус Товщина Теплопровід.

Рівняння площини

$-0,002371 x - 0,152936 y + 0,375000 z - 0,006553 = 0$

$z = 0,00632373 x + 0,40781333 y - 0,01747453$

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0265	0,0469	0,0673	0,0876
1	0,0296	0,0500	0,0704	0,0908
1,5	0,0328	0,0532	0,0736	0,0940
2	0,0360	0,0563	0,0767	0,0971
2,5	0,0391	0,0595	0,0799	0,1003
3	0,0423	0,0627	0,0831	0,1035

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача отриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0075	0,0038	0,0000	-0,0040
1	0,0056	0,0026	-0,0007	-0,0040
1,5	0,0039	0,0016	-0,0010	-0,0037
2	0,0024	0,0009	-0,0009	-0,0030
2,5	0,0011	0,0004	-0,0005	-0,0017
3	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000

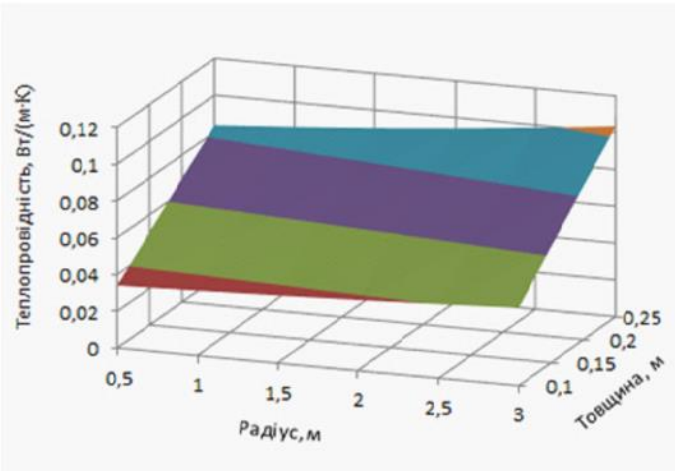
Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 4,11%.
Максимальне розходження становить 22,02%

601-БП 9555055					
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Зм.	Кільк.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив		Нарк А.Р.			
Перевірив		Кри О.І.			
Консультував		Кри О.І.			
Н.контр.		Кри О.І.			
Затвердив		Сенко О.В.			
Житловий будинок				Стадія	Аркш.
				ДП	9
Результати теплопровідності утеплювача при товщині стіни 380 мм, варіанти знаходження формул				Аркш.	17
Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра ЕНД					

Результати визначення теплопровідності утеплювача при товщині цегляного шару стіни 0,38 м

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

Поверхня що відображає залежність необхідної теплопровідності утеплювача (при якій приведений опір теплопередачі ділянки заокругленої стіни буде дорівнювати або більше нормованого опору) від радіуса заокруглення та товщини утеплювача



РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Вариант 3

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

[illegible]

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м·К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0340	0,0516	0,0692	0,0869
1	0,0356	0,0533	0,0709	0,0886
1,5	0,0373	0,0549	0,0725	0,0902
2	0,0389	0,0566	0,0742	0,0919
2,5	0,0406	0,0583	0,0759	0,0936
3	0,0423	0,0599	0,0775	0,0952

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача стриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	-0,0009	-0,0020	-0,0033
1	-0,0004	-0,0007	-0,0012	-0,0018
1,5	-0,0006	-0,0002	0,0000	0,0000
2	-0,0005	0,0006	0,0016	0,0023
2,5	-0,0004	0,0017	0,0035	0,0050
3	0,0000	0,0030	0,0058	0,0082

Максимальне розходження становить 7,95%.

Варіант 4

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03395	0,05068	0,06725	0,08362
1	0,03525	0,05258	0,06975	0,08676
1,5	0,03673	0,05478	0,0726	0,09023
2	0,0384	0,05723	0,07584	0,09418
2,5	0,04023	0,05994	0,0794	0,0986
3	0,042278	0,06296	0,08335	0,10345

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		x	y	z							
2	Точка 1	0,5	0,25	0,08362							
3	Точка 2	2	0,1	0,0384							
4	Точка 3	3	0,25	0,10345							
5		Радіус	Товщина	Теплопровід.							
6		Рівняння площини									
7		-0,002975 x	-0,142795 y	0,375000 z						0,005828 =0	
8		r= -0,007932000 x	-0,380786667 y	-0,01554267							

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0265	0,0455	0,0646	0,0836
1	0,0305	0,0495	0,0685	0,0876
1,5	0,0344	0,0535	0,0725	0,0916
2	0,0384	0,0574	0,0765	0,0955
2,5	0,0424	0,0614	0,0804	0,0995
3	0,0463	0,0654	0,0844	0,1034

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача стриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0074	0,0051	0,0027	0,0000
1	0,0048	0,0031	0,0012	-0,0008
1,5	0,0023	0,0013	0,0001	-0,0013
2	0,0000	-0,0002	-0,0006	-0,0013
2,5	-0,0021	-0,0015	-0,0010	-0,0009
3	-0,0041	-0,0024	-0,0011	0,0000

Максимальне розходження становить 21,94%

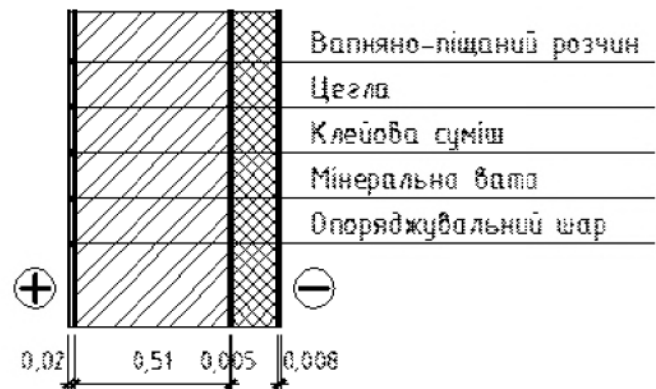
Формула визначення необхідної теплопровідності утеплювача з найменшим середнім та максимальним розходженням має вид.

$$\lambda_{yT} = 0,0033312R + 0,352992\delta_{yT} - 0,0030148$$

[illegible]

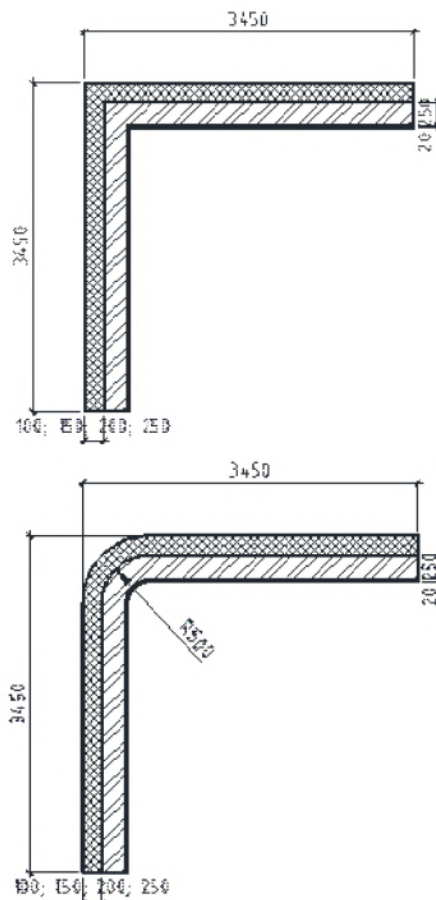
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Схема огорожувальної конструкції зовнішньої стіни



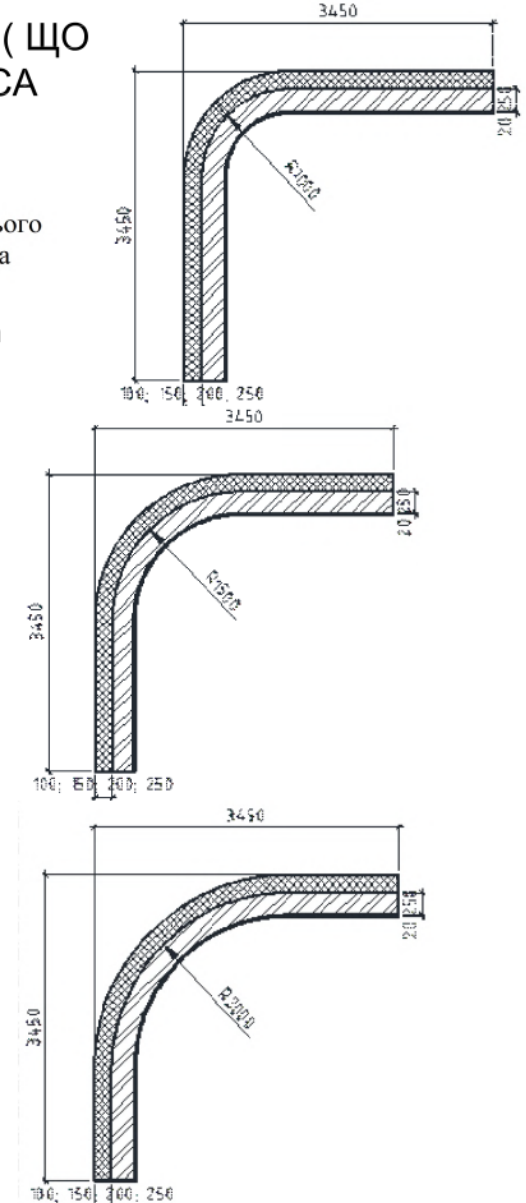
Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області. Розрахункова температура зовнішнього повітря приймалася $t_3 = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (I-а температурна зона), а внутрішня $t_{\text{в}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (житловий будинок).

Радіус заокруглення зовнішнього кута стіни при товщині огорожувальної конструкції 510 мм



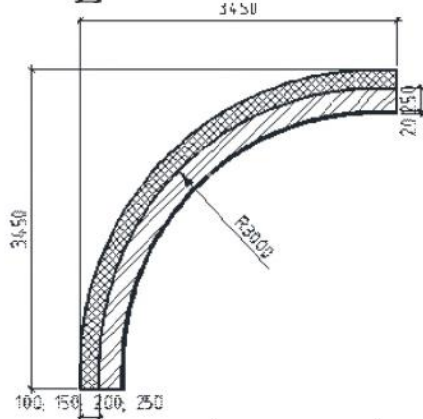
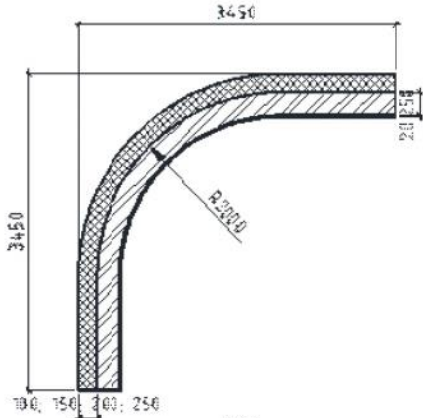
Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,81
2	Цегла	0,81
3	Клейова суміш	0,93
4	Утеплювач	
5	Шар опорядження	0,93

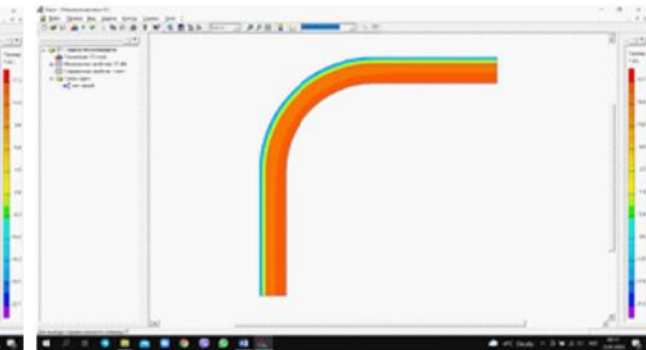
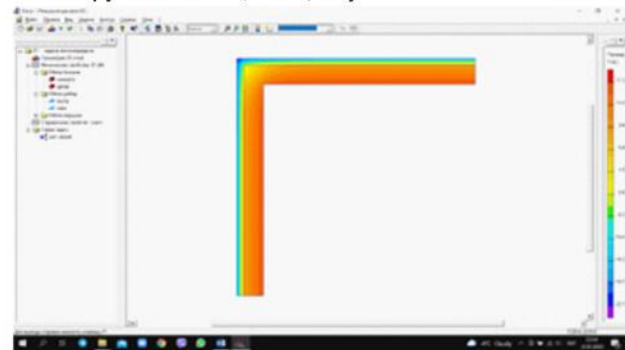


601-БП 9555055					
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Житловий будинок				Стадія	Архив
				ДП	11
Фрагмент огорожувальної конструкції, варіанти заокруглення зовнішнього кута стіни товщиною 250 мм				Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БТД	
Зм.	Кл.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив		Нарка А.Р.			
Перевірив		Крич О.І.			
Консультував		Крич О.І.			
Н.контр.		Крич О.І.			
Затвердив		Сенко О.В.			

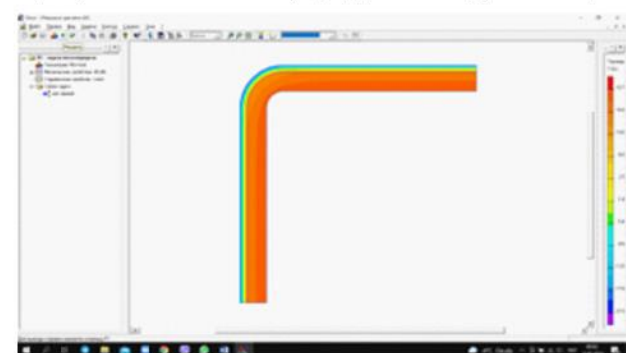
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИН РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА



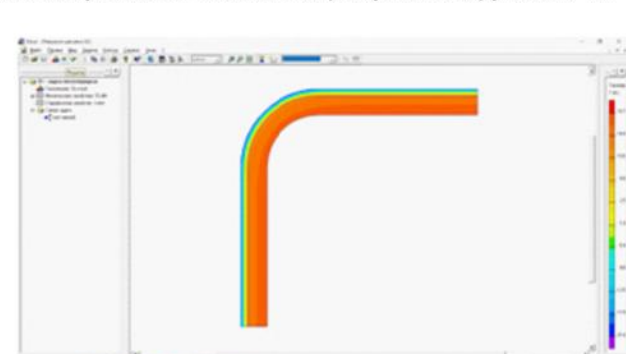
Температурне поле зовнішнього кута стіни при товщині огорожувальної конструкції 250 мм, радіусом заокруглення 0 м, товщині утеплювача 100 мм



Температурне поле стіни при товщині стіни 250 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 0,5 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 250 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 1 м

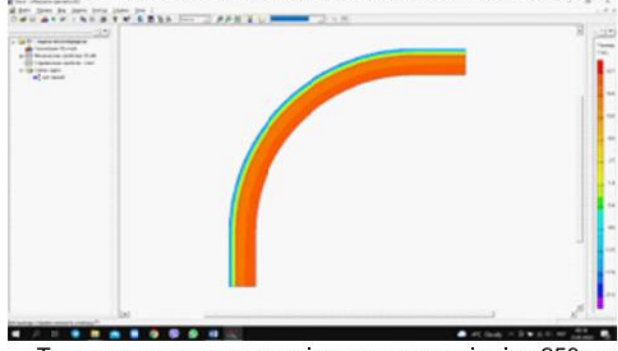


Температурне поле стіни при товщині стіни 250 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 1,5 м

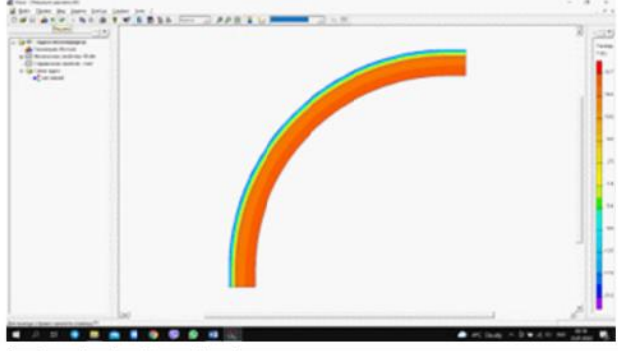
Температурне поле стіни при товщині стіни 250 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 2 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 250 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 2,5 м



Температурне поле стіни при товщині стіни 250 мм, товщині утеплювача 100 мм, з радіусом заокруглення 3 м



						601-БП 9555055			
						Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута			
Зм.	Ілук.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Житловий будинок	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив	Нарка А.Р.						ДП	12	17
Перевірив	Кри О.І.								
Консультував	Кри О.І.					Варіанти заокруглення зовнішнього кута стіни, температурні поля при товщині стіни 250 мм	Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БТД		
Н.контр.	Кри О.І.								
Затвердив	Сенко О.В.								

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ УТЕПЛЮВАЧА (ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ВИКОНАННЯ НОРМ ТЕПЛОЗАХИСТУ) ВІД ВЕЛИЧИНИ РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ СТІНИ ТА ТОВЩИНИ УТЕПЛЮВАЧА

Варіант 1

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0334	0,0497	0,0660	0,0823
1	0,0359	0,0521	0,0684	0,0847
1,5	0,0383	0,0546	0,0709	0,0872
2	0,0407	0,0570	0,0733	0,0896
2,5	0,0432	0,0594	0,0757	0,0920
3	0,0456	0,0619	0,0782	0,0945

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0334	0,0497	0,0660	0,0823
1	0,0359	0,0521	0,0684	0,0847
1,5	0,0383	0,0546	0,0709	0,0872
2	0,0407	0,0570	0,0733	0,0896
2,5	0,0432	0,0594	0,0757	0,0920
3	0,0456	0,0619	0,0782	0,0945

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача стриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000
1	-0,0011	-0,0004	0,0002	0,0006
1,5	-0,0021	-0,0006	0,0006	0,0016
2	-0,0029	-0,0007	0,0013	0,0030
2,5	-0,0036	-0,0005	0,0023	0,0049
3	-0,0040	0,0000	0,0037	0,0071

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 2,84%.
Максимальне розходження становить 9,72%.

Варіант 2

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06615	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0261	0,0461	0,0662	0,0862
1	0,0292	0,0492	0,0692	0,0893
1,5	0,0323	0,0523	0,0723	0,0923
2	0,0354	0,0554	0,0754	0,0954
2,5	0,0385	0,0585	0,0785	0,0985
3	0,0416	0,0616	0,0816	0,1016

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0261	0,0461	0,0662	0,0862
1	0,0292	0,0492	0,0692	0,0893
1,5	0,0323	0,0523	0,0723	0,0923
2	0,0354	0,0554	0,0754	0,0954
2,5	0,0385	0,0585	0,0785	0,0985
3	0,0416	0,0616	0,0816	0,1016

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача стриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

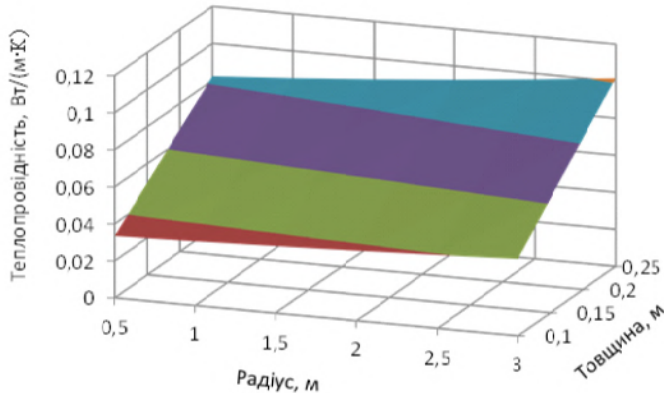
Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0073	0,0038	0,0000	-0,0039
1	0,0055	0,0025	-0,0006	-0,0040
1,5	0,0039	0,0016	-0,0009	-0,0036
2	0,0024	0,0009	-0,0008	-0,0028
2,5	0,0011	0,0005	-0,0004	-0,0016
3	0,0000	0,0003	0,0002	0,0000

Середнє розходження між значеннями теплопровідності отриманими за формулою та розрахунками температурних полів становить 4,1%.
Максимальне розходження становить 21,82%.

Результати визначення теплопровідності утеплювача при товщині цегляного шару стіни 0,25 м

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

Поверхня що відображає залежність необхідної теплопровідності утеплювача (при якій приведений опір теплопередачі ділянки заокругленої стіни буде дорівнювати або більше нормованого опору) від радіуса заокруглення та товщини утеплювача



601-БП 9555055					
Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута					
Зм.	Кільк.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата
Розробив	Нарк А.Р.				
Перевірив	Кри О.І.				
Консультував	Кри О.І.				
Н.контр.	Кри О.І.				
Затвердив	Сенко О.В.				
Житловий будинок			Стадія	Аркуш	Аркушів
			ДП	13	17
Результати теплопровідності утеплювача при товщині стіни 250 мм, варіанти знаходження формул			Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра ЕНД		

Формула визначення необхідної теплопровідності утеплювача з найменшим середнім та максимальним розходженням має вид

Варіант 4

Точки, що вибрані для перетворення поверхні на площину

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,03342	0,0499	0,06616	0,0823
1	0,03471	0,05177	0,06862	0,0853
1,5	0,036178	0,05394	0,07146	0,08877
2	0,0378	0,05633	0,0746	0,09265
2,5	0,03959	0,05897	0,07806	0,0969
3	0,04155	0,061883	0,081905	0,1016

[illegible]

Теплопровідність утеплювача за формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К), при його товщині, м			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0262	0,0449	0,0636	0,0823
1	0,0301	0,0488	0,0675	0,0862
1,5	0,0339	0,0526	0,0713	0,0900
2	0,0378	0,0565	0,0752	0,0939
2,5	0,0417	0,0604	0,0790	0,0977
3	0,0455	0,0642	0,0829	0,1016

Розходження між значеннями теплопровідності утеплювача стриманими за розрахунком температурних полів та запропонованою формулою

Радіус заокруглення зовнішньої поверхні цегляного шару стіни, м	Розходження			
	0,1	0,15	0,20	0,25
0,5	0,0072	0,0050	0,0026	0,0000
1	0,0046	0,0030	0,0012	-0,0009
1,5	0,0022	0,0013	0,0001	-0,0012
2	0,0000	-0,0002	-0,0006	-0,0012
2,5	-0,0021	-0,0014	-0,0010	-0,0008
3	-0,0040	-0,0023	-0,0010	0,0000

6. Отримані формули дозволяють визначати мінімально можливий радіус заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту. Формули мають наступний вигляд при товщині цегляного шару :

Максимальне розходження становить 21,54%

$$\lambda_{VT} = 0,003252R + 0,34732\delta_{VT} - 0,002938$$

1. У результаті досліджень отримані залежності теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту, від радіусу заокруглення зовнішньої стіни та товщини утеплювача

2. Середнє розходження між теплопровідністю утеплювача, визначеної за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару :

0,51 М – 2,6%
0,38 М – 2,36%
0,25 М – 2,33%

Ця величина розходження дозволяє використовувати отримані залежності у інженерних розрахунках

3. Максимальне розходження між теплопровідністю утеплювача визначеної за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару :

0,51 м - 8,7%

0.38 M - 7.95%

0.25 M - 7.83%

4. Максимальне від'ємне розходження при якому теплопровідність утеплювача не задовольняє виконанню норм теплозахисту становить при товщині цегляного шару:

а) 0,51 м – 3,8%; б) 0,38 м – 3,2%; в) 0,25 м – 3,5%
тому у формулах був застосований понижуючий коефіцієнт 0,96.

4. Тоді запропоновані формули набудуть такого остаточного вигляду при товщині цегляного шару :

$$0,51 \text{ м} - \lambda_{\text{VT}} = 0,96(0,002912R + 0,354653\delta_{\text{VT}} - 0,0010813)$$
$$0,38 \text{ M} - \lambda_{\text{VT}} = 0,96(0,0033312R + 0,3529928_{\text{VT}} - 0,0030143)$$
$$0,25 \text{ M}-\lambda_{VT} = 0,96(0,003252R + 0,34732\delta_{VT} - 0,002938)$$

5. Отримані формули дозволяють визначати товщину утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту. Формули мають наступний вигляд при товщині цегляного шару:

$$0,51 \text{ м} - \delta_{y\pi} = \frac{\left(\frac{\lambda_{y\pi}}{0,96} - 0,002912 R + 0,0010813\right)}{0,354653}$$

$$0,38 \text{ M} - \delta_{\gamma\Gamma} = \frac{(\frac{\lambda_{\gamma\Gamma}}{0,96} - 0,0033312 R + 0,0030148)}{0,352992}$$

$$0,25 \text{ M} - \delta_{yT} = \frac{(\frac{\lambda_{yT}}{0,96} - 0,00325 R + 0,002938)}{0,34732}$$

6. Отримані формули дозволяють визначати мінімально можливий радіус заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту. Формули мають наступний вигляд при товщині цегляного шару :

$$0,51 \text{ М- R} = \frac{\left(\frac{\lambda_{ym}}{0,96} - 0,354653 \delta_{yr} + 0,0010813\right)}{0,002912}$$

$$0,38 \text{ M-R} = \frac{\left(\frac{\lambda_{yr}}{0,96} - 0,352992 \delta_{yr} + 0,0030148\right)}{0,0033312}$$

$$c) 25 \text{ M} - R = \frac{(\frac{\lambda_{\text{yr}}}{0,96} - 0,34732 \delta_{\text{yr}} + 0,002938)}{0,003252}$$

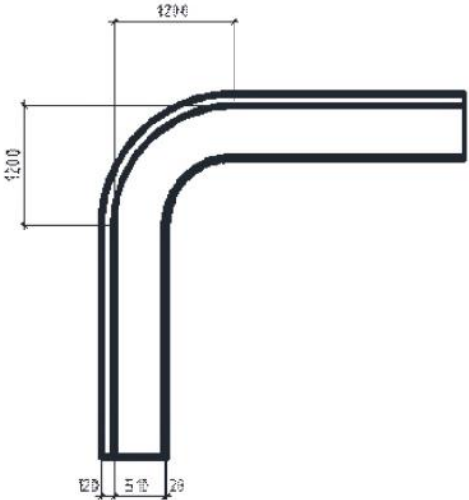
[illegible]

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ЗА ЗАПРОПОНОВАНИМИ ФОРМУЛАМИ

3.1 Точність визначення теплопровідності утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту

Визначаємо теплопровідність утеплювача цегляної стіни товщиною 0,51 м при радіусі заокруглення $R = 1,2$ м та товщині утеплювача $\delta_{ут} = 0,12$ м.

Розрахункова схема



Формула для визначення теплопровідності утеплювача

$$\lambda_{ут} = 0,96(0,002912R + 0,354653\delta_{ут} - 0,0010813)$$

$$\lambda_{ут} = 0,04317 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Температурне поле



Тепловий потік

$$Q = 57,633 \text{ Вт}$$

Щільність теплового потоку

$$q = \frac{Q}{l \times h} = \frac{57,633}{5,96 \times 1} = 9,67 \text{ Вт/м}^2$$

Приведений опір теплопередачі

$$R_{\Sigma пр} = \frac{t_{в} - t_{з}}{q} = \frac{20 - (-21)}{9,67} = 4,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma пр} = 4,33 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

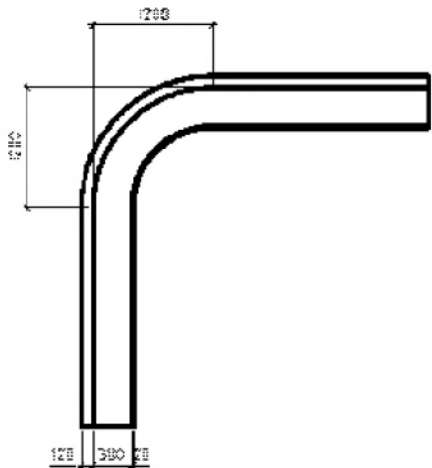
						601-БП 9555055			
						Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута			
Зм.	Кільк.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Житловий будинок	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Нарк. А.Р.					ДП	15	17
Перевірив		Крич. О.І.							
Консультував		Крич. О.І.							
Н.контр.		Крич. О.І.				Перевірка точності розрахунку теплопровідності утеплювача	Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра ЕНТД		
Затвердив		Сенко О.В.							

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ЗА ЗАПРОПОНОВАНИМИ ФОРМУЛАМИ

3.2 Точність визначення товщини утеплювача, що забезпечує виконання норм теплозахисту

Визначаємо товщину утеплювача цегляної стіни товщиною 0,38 м при радіусі заокруглення $R = 1,2$ м та теплопровідності утеплювача $\lambda_{ут} = 0,03579$ Вт/(м · К).

Розрахункова схема

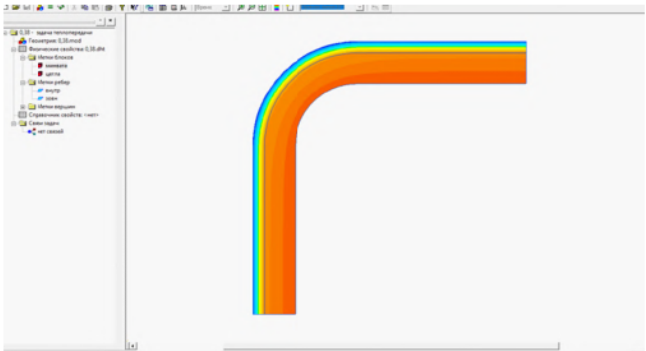


Формула для визначення товщини утеплювача

$$\delta_{ут} = \frac{(\frac{\lambda_{ут}}{0,96} - 0,0033312R + 0,0030148)}{0,352992}$$

$\delta_{ут} = 0,1$ м

Температурне поле



Тепловий потік

$$Q = 53,9807 \text{ Вт}$$

Щільність теплового потоку

$$q = \frac{Q}{l \times h} = \frac{54,273}{5,616 \times 1} = 9,664 \text{ Вт/м}^2$$

Приведений опір теплопередачі

$$R_{\Sigma пр} = \frac{t_{в} - t_{з}}{q} = \frac{20 - (-22)}{9,664} = 4,346 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma пр} = 4,346 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

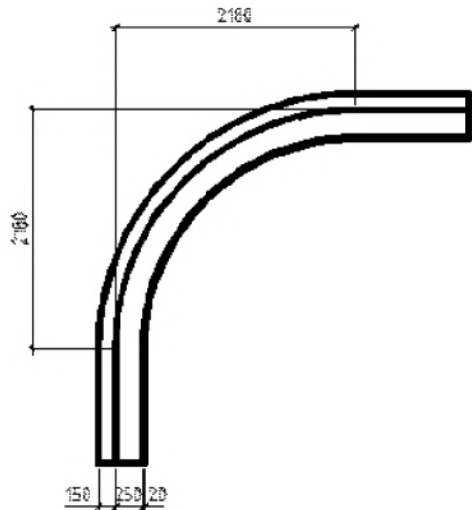
						601-БП 9555055			
						Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута			
Зм.	Кільк.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Житловий будинок	Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Нарк. А.Р.					ДП	16	17
Перевірив		Крин О.І.							
Консультував		Крин О.І.				Перевірка точності розрахунку товщини утеплювача	Національний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Колея ІІІ		
Н.контр.		Крин О.І.							
Затвердив		Сенко О.В.							

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКІВ ЗА ЗАПРОПОНОВАНИМИ ФОРМУЛАМИ

3.3 Точність визначення мінімально можливого радіусу заокруглення стіни, що забезпечує виконання норм теплозахисту

Визначаємо радіус заокруглення цегляної стіни товщиною 0,25 м при товщині утеплювача $\delta_{ут} = 0,15$ м та теплопровідності утеплювача $\lambda_{ут} = 0,054$ Вт/(м · К).

Розрахункова схема

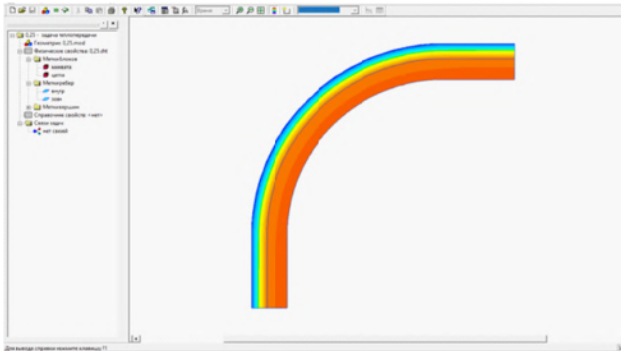


Формула для визначення радіусу заокруглення

$$R = \frac{\lambda_{ут}}{0,96} - 0,34732\delta_{ут} + 0,002938$$
$$0,003252$$

$$R = 2,180 \text{ м}$$

Температурне поле



$$Q = 49,292 \text{ Вт}$$

$$q = \frac{Q}{l * h} = \frac{49,292}{5,088 * 1} = 9,688 \text{ Вт/м}^2$$

$$R_{\Sigma пр} = \frac{t_{в} - t_{з}}{q} = \frac{20 - (-22)}{9,688} = 4,335 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma пр} = 4,335 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} > R_{q.min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті досліджень отримані залежності між теплопровідністю утеплювача, що забезпечують виконання норм теплозахисту, радіусом заокруглення зовнішньої стіни та товщиною її утеплення.
2. Середнє розходження між теплопровідністю утеплювача визначеною за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару: 1) 0,51 м – 2,6%; 2) 0,38 м – 2,36%; 3) 0,25 м – 2,33%
3. Максимальне розходження між теплопровідністю утеплювача визначеною за розрахунками температурних полів та запропонованими формулами становить при товщині цегляного шару : 1) 0,51 м – 8,7%; 2) 0,38 м – 7,95%; 3) 0,25 м – 7,83%
4. Максимальне від'ємне розходження при якому теплопровідність утеплювача не задовольняє виконанню норм теплозахисту становить при товщині цегляного шару : 1) 0,51 м – 3,8%; 2) 0,38 м – 3,2%; 3) 0,25 м – 3,5%, тому у формулах був застосований понижуючий коефіцієнт 0,96.
5. Запропоновані залежності дозволяють визначити:
 - а) Максимальну теплопровідність утеплювача (при якому виконуються норми теплозахисту) в залежності від прийнятих радіусів заокруглення стіни та товщини його утеплювача
 - б) Мінімальний радіус заокруглення стіни (при якому виконуються норми теплозахисту) в залежності від прийнятих теплопровідності та товщини утеплювача
 - в) Мінімальну товщину утеплювача (при якій виконуються норми теплозахисту) в залежності від прийнятих радіусу заокруглення стіни та теплопровідності утеплювача.

							601-БП 9555055
							Дослідження теплозахисних властивостей зовнішнього заокругленого кута
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		
Розробив		Нарк.	А.Р.			Житловий будинок	Стадія
Перевірив		Кри.	О.І.				Архив
Консультував		Кри.	О.І.				Архив
Н.контр.		Кри.	О.І.			Перевірка точності розрахунку радіусу заокруглення стіни	Национальний університет "Полтавська політехніка ім. Ю.Кондратюка" Кафедра БТД
Затвердив		Сенко	О.В.				

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

