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 «**Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013**»

Виконав: студент 6 курсу, групи 601-БП
Спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
Кіденко Віталій Ігорович
Керівник: д.т.н., проф. Філоненко О.І.
Зав. кафедри: д.т.н., проф. Семко О.В.

Полтава – 2022 року

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 5

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1 26

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ 27

2.1. Методика визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі 27

2.2. Вузол 1 28

2.3. Вузол 2 42

2.4. Вузол 3 56

2.5. Вузол 4 67

2.6. Вузол 5 81

2.7. Вузол 6 95

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2 105

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОТРИМАНИХ ЗА ФОРМУЛАМИ ЗІ ЗНАЧЕННЯМИ НАВЕДЕНИМИ У ДСТУ Б В.2.6-189:2013 106

3.1. Вузол 1 106

3.2. Вузол 2 107

3.3. Вузол 3 109

3.4. Вузол 4 110

3.5. Вузол 5 112

3.6. Вузол 6 113

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3 115

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 115

ЛІТЕРАТУРА 116

ВСТУП

Актуальність теми. Точність визначення приведеного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій, що мають теплопровідні включення, у значній мірі залежить від точності визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі цих теплопровідних включень. У ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені схеми вузлів огороджувальних конструкцій з теплопровідними включеннями, які найбільш часто застосовуються в огороджувальних конструкціях, та їх лінійні коефіцієнти теплопередачі. Значення коефіцієнтів наведені для 3 товщин утеплювача та діапазону значень коефіцієнту теплопровідності утеплювача. Визначити лінійний коефіцієнт теплопередачі у випадку якщо його наведене у ДСТУ Б В.2.6-189:2013 значення виходить з діапазону коефіцієнту теплопровідності утеплювача та його товщини доволі складно і може давати значну похибку. Тому отримання залежностей, для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі є актуальною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота має зв'язок із напрямами наукових досліджень кафедри БтаЦІ.

Метою роботи є отримання залежностей, для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів огороджувальних конструкцій з теплопровідними включеннями.

Задачі дослідження:

- Виконати аналіз досліджень по визначенню лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів огороджувальних конструкцій з теплопровідними включеннями.
- Отримання залежностей, для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі
- Порівняти лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за запропонованими формулами та наведеними у ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Об’єкт дослідження: вузли огороджувальних конструкцій з теплопровідними включеннями.

Методи дослідження: розрахунки температурних полів.

- **Наукова новизна** одержаних результатів полягає в отриманні залежностей, для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі.

.

Обсяг та структура роботи. Робота складається з 15 плакатів, пояснювальної записки на 127 сторінках, у тому числі 65 рисунків та 95 таблиць, списку з 83 використаних джерел. Основний текст роботи містить вступ, 3 розділи, висновки.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідженнями впливу теплопровідних включень на приведений опір теплопередачі огороджувальних конструкцій займалося багато вітчизняних та закордонних авторів.

Іванченко В.Т. в роботі [1] запропонував методику розрахунок наведеного опору теплопередачі зовнішньої стінової панелі. Зіставлено теоретичний варіант обчислення з практичним. На прикладі зовнішньої стінової панелі (ПНС) показана схема розрахунку двовимірними та тривимірними тепловими полями. Враховано вплив теплопровідних включень. На основі аналізу, виведено ефективність використання розрахунку опору у просторі.

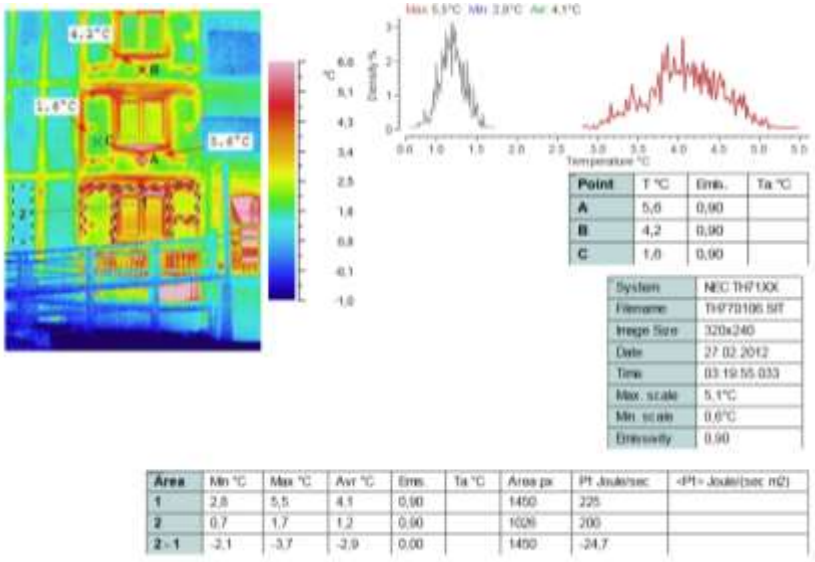


Рис. 1 - Тепловізійний знімок існуючої панелі

Овсянніков С.М. в статті [2] вказує, що інженерний підхід до розрахунку теплотехнічних параметрів огороджувальних конструкцій заснований на розрахунку опору теплопередачі огороджувальних конструкцій без урахування теплопровідних включень з подальшим коригуванням на величину коефіцієнта теплотехнічної однорідності. В наш час актуальний інший підхід для визначення опору огороджувальної конструкції. Для переходу від приведеного опору теплопередачі стіни по гладі до приведеного опору теплопередачі фрагменту огороджувальної конструкції слід виконати розбивку на характерні ділянки, з виділенням фрагментів

конструкції з різною теплопровідністю. Фрагменти відрізняються по приведеному опору теплопередачі, виконавши розрахунок з побудовою температурних полів, отримуємо значення приведеного опору теплопередачі огороджувальної конструкції з урахуванням теплопровідних включень.

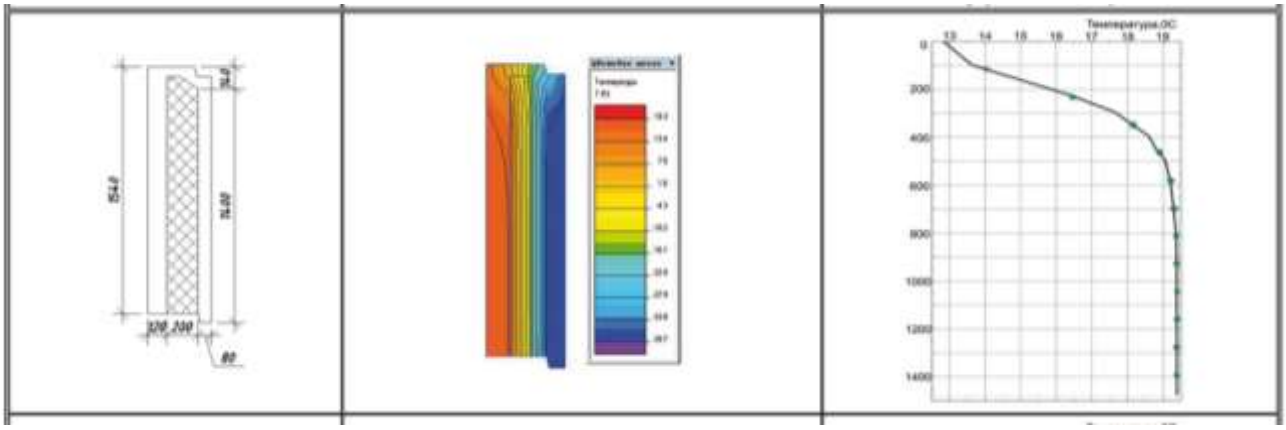


Рис. 2 – Теплотехнічний аналіз перетину
стінової панелі

Білоус О.М. в статті [3] вказує, що виходячи з аналізу існуючих методів і методик вирішення питання теплостійкості огороджувальних конструкцій з теплопровідними включеннями встановлено, що для всім цих робіт характерне рішення одномірної завдачі теплостійкості. Одним з можливих методів визначення амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні огороджувальної конструкції з теплопровідними включеннями є моделювання нестаціонарних температурних умов у програмних комплексах. Але це рішення викликає великі утруднення, тому що перекладає вказаний розрахунок з інженерного в науковий і, отже, не може бути рекомендовано до безпосереднього практичного застосування. Другим варіантом вирішення цього завдання пропонується застосування коефіцієнта збіжності α, який можна отримати емпірично. Вибором значення коефіцієнта можна врахувати вплив теплопровідного включення на середньозважене значення температури на поверхні залежно від конструкції огорожі. При аналізі конструктивних рішень зовнішніх огороджувальних конструкцій було виявлено особливості впливу теплопровідних включень на середню амплітуду коливання на внутрішній поверхні. У схемах із розташуванням теплопровідного включення біля зовнішньої грані або наскрізним спостерігається незначний вплив амплітуди

коливання теплопровідного включення на середню амплітуду по поверхні конструкції. Найбільший ступінь впливу надає схема із наскрізним розташуванням теплопровідного включення. На підставі порівняльного аналізу установлено, що при побудові гармонік коливання середньої температури на внутрішній поверхні перевага надається методиці з коефіцієнтом збіжності

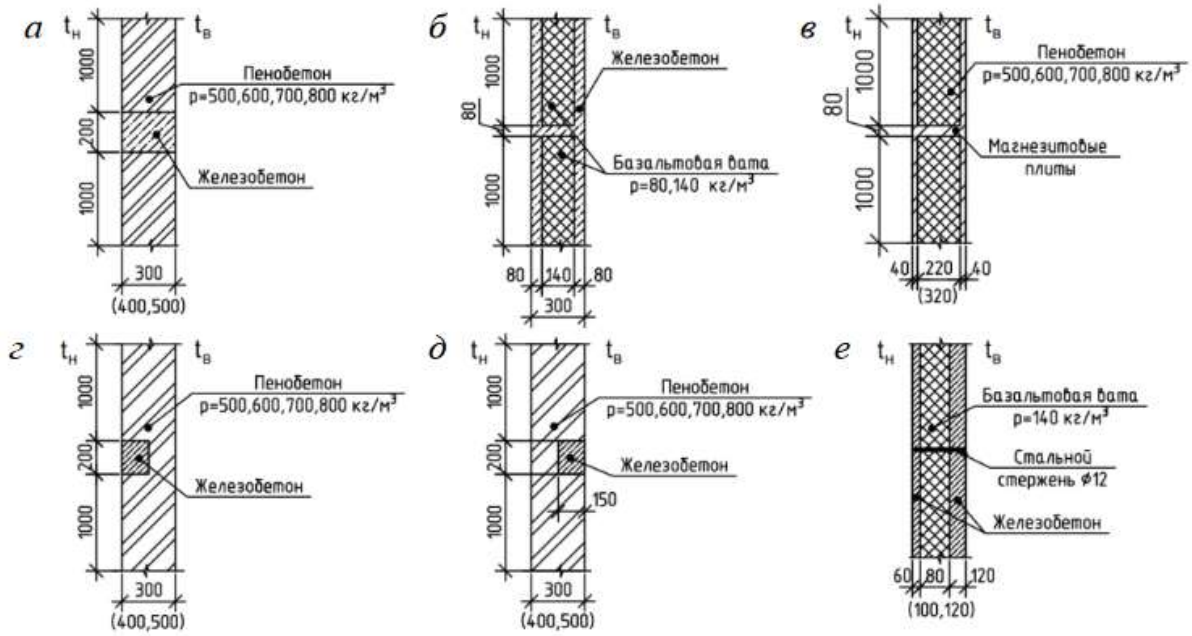


Рис. 3 – Схеми розташування теплопровідних включень

Протасевич А.М. в статті [4] вказує, що у багатошарових зовнішніх стінах з ефективними теплоізоляційними матеріалами протікають процеси перенесення теплоти та маси, що формують їх тепловологий режим. Особливістю багатошарових конструкцій є можливість утворення зон із підвищеною вологістю матеріалів, що інтенсифікує перенесення теплоти, тим самим погіршує теплоізоляційні якості огорож. Використання вентильованих фасадних систем (ВФС) утеплення для більшості конструкцій зовнішніх стін забезпечує відсутність накопичення вологи в їх товщі і, отже, експлуатацію матеріалів в області сорбційного зволоження. Вентильований повітряний прошарок покращує вологий режим зовнішніх стін з ВФС в порівнянні з панельними стінами, стінами з штучних матеріалів та стінами із скріпленою теплоізоляцією. В даний час розроблено велику кількість конструкцій ВФС утеплення. При цьому конструкції значно відрізняються по організації вентиляції прошарку, по виду захисту від фільтрації повітря у шарі теплоізоляції, за

рівнем теплозахисту при однаковій товщині утеплювача і т.ін. Дані відмінності вказують на необхідність створення класифікації ВФС, яка дозволить приймати обґрунтовані конструктивні рішення під час їх проектування.

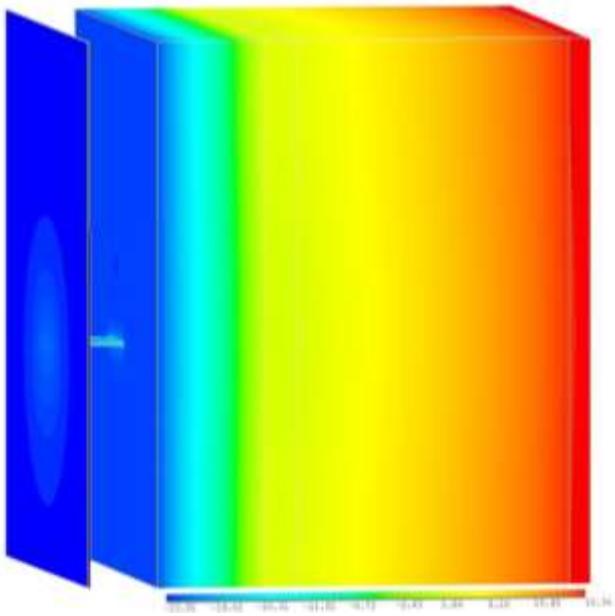


Рис. 4 - Тривимірні поля температур (t, °C) фрагментів зовнішньої стіни з ВФС утепленням

В'язова Т.О. в статті [5] доводить, що у сучасних стандартах теплозахисту розглянуто основні положення методів розрахунку приведеного опору теплопередачі, які враховують плоскі, точкові та лінійні теплопровідні включення. У роботі дається порівняльний аналіз результатів розрахунку приведеного опору теплопередачі з побудовою двомірних та тривимірних температурних полів. Аналіз результатів різних методів розрахунку приведеного опору теплопередачі показав, що побудова двомірних полів дає суттєво занижену картину розподілу температури та значення приведеного опору теплопередачі огороджувальної конструкції. Тривимірні поля описують фактичний розмір теплопровідних включень і, отже, дають найбільш повну картину розподілу температурних полів і значення приведеного опору теплопередачі. При визначенні приведеного опору теплопередачі слід враховувати об'ємні теплопровідні включення, опір яких визначається за допомогою побудови тривимірних температурних полів.

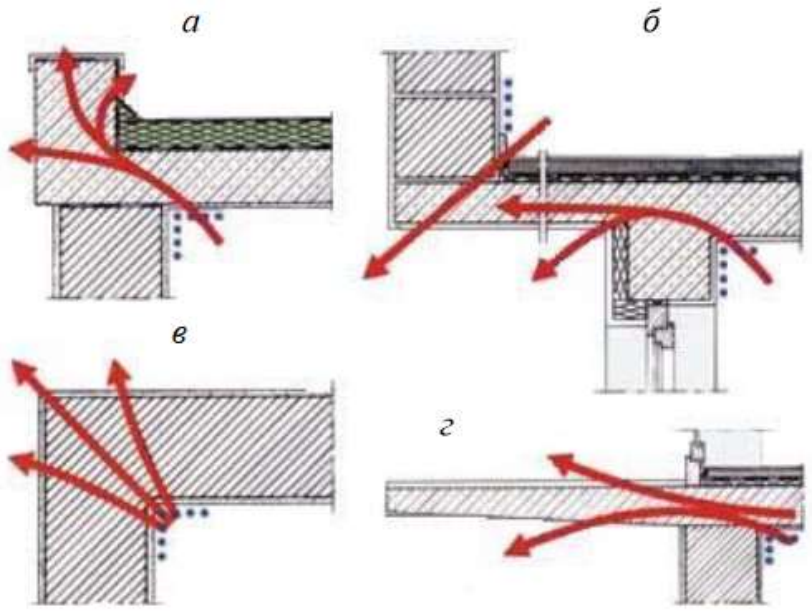


Рис. 5 - Види об'ємних теплопровідних включень: а – парапетний вузол; б - виступаючий еркер; в – кут будівлі; г – виступаючий балкон

Тусніна О.А., в статті [6] зазначає, що в наш час навісні вентильовані фасади широко застосовуються для утеплення та облицювання зовнішніх стін будівель різного функціонального призначення. У статті наводяться результати дослідження теплотехнічних властивостей навісних вентильованих фасадних систем. Розглядаються дві конструктивні системи - традиційна, що отримала знвчне поширення та нова, запропонована авторами, система, у якій вертикальні елементи замінені перфострічками з антикорозійної сталі, а кріплення керамогранітних плит здійснюється в вузлових точках за допомогою клямерів. У роботі був виконаний чисельний теплотехнічний розрахунок обох систем у обчислювальному комплексі TEPL, який реалізує вирішення задачі тривимірної стаціонарної теплопровідності. За результатами розрахунку порівнювалися величини приведених опорів теплопередачі та коефіцієнти теплотехнічної однорідності конструкцій, що розглядаються. Визначено, що розроблена система має кращі теплотехнічні властивості у порівнянні з традиційною.

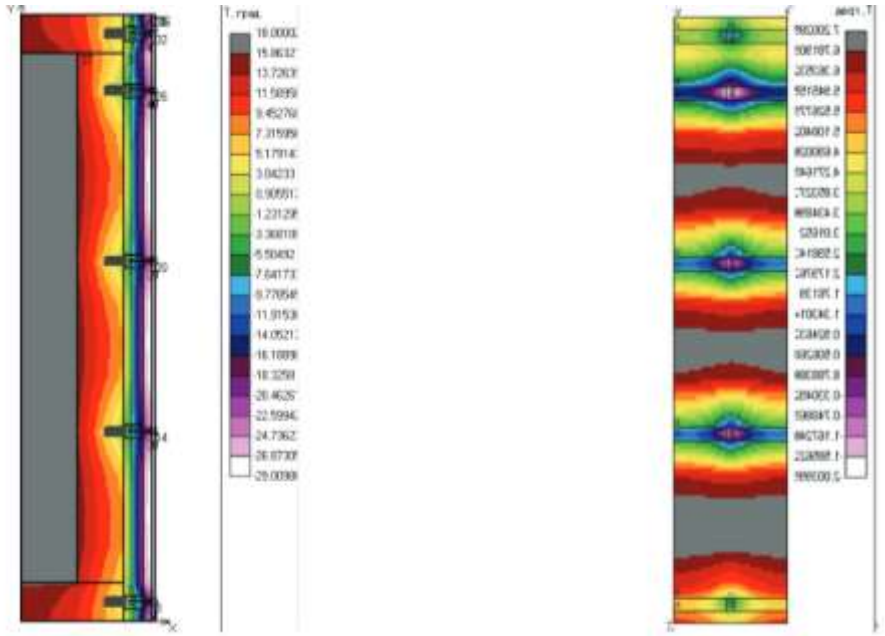


Рис. 6 – Ізополя температур в існуючій системі.

Козлобродов О.М. в статті [7] зазначає, що на основі чисельного рішення стаціонарних 3-мірних рівнянь теплопровідності, що враховують анізотропію використовуваних матеріалів, було виконано дослідження процесів просторового теплоперенесення в багатошаровій стіні з профільованого дерев'яного бруса з утеплюючими вставками і поперечним кріпленням коннекторів зовнішнії та внутрішніх ламелей з використанням програмного комплексу ANSYS. Представлений аналіз впливу конекторів з різними геометричними розмірами та теплофізичними властивостями на поле температури та поле теплових потоків у конструкції стіни, та визначені межі їх впливу в різних напрямках.

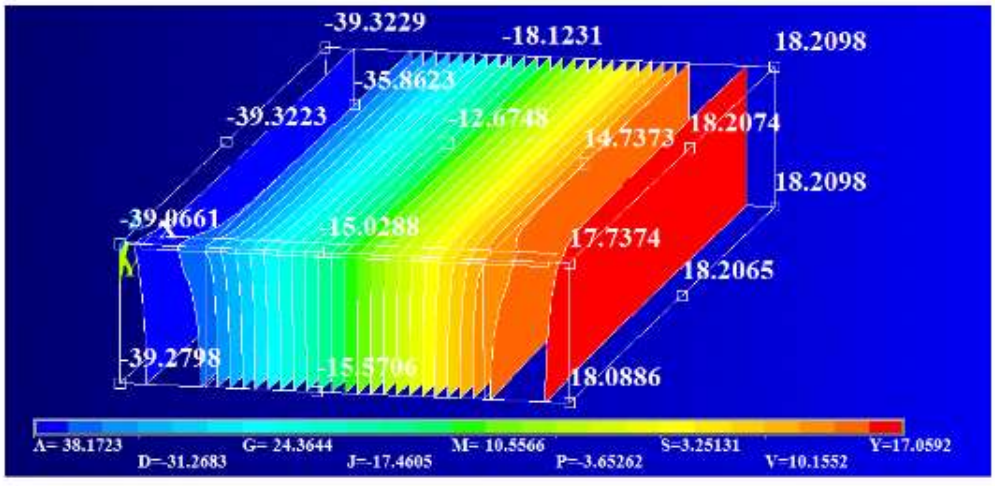


Рис. 7 – Температурне поле фрагменту стіни з конектором із пластику

Крайнов Д.В. в статті [8] зазначає, що з метою зниження втрат теплоти будівлі та задоволення вимог нормативних документів в останні роки в будівництві широко застосовуються багатошарові огороджувальні конструкції, у тому числі із розміщенням усередині конструкції шару теплової ізоляції. Під впливом економічних міркувань одним з основних типів огороджувальних конструкцій будівель стала кладка з пористих блоків, облицьована цеглою, з ефективним утеплювачем між шарами.

З огляду на модернізацію існуючих типів огороджувальних конструкцій та появи великої кількості нових, постало питання коректного визначення теплофізичних властивостей (головним чином теплозахисту) таких конструкцій.

Огороджувальні конструкції сучасних будівель, внаслідок певних конструктивних особливостей, можуть містити в собі та/або на поверхні різні елементи, теплопровідність яких більше теплопровідності основних шарів. Також це можуть бути елементи, що ускладнюють геометрію поверхні огороджувальних конструкцій (різні виступи та ребра). Такі елементи називають теплопровідними включеннями.

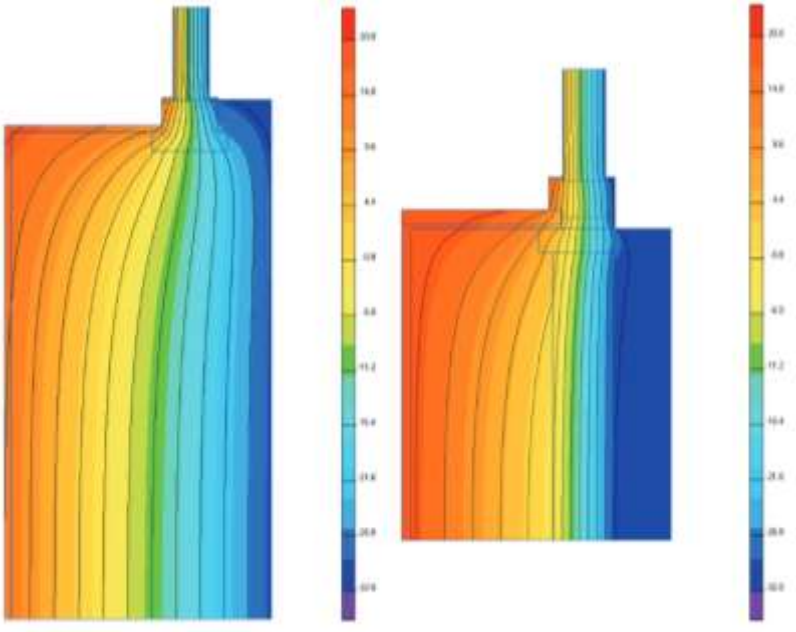


Рис. 8 – Температурні поля різних варіантів утеплення віконного відкосу

Білоус О.М. В статті [9] розглядається питання теплостійкості зовнішніх огороджувальних конструкцій житлових будівель, виконаних за каркасно-щитовою

схемою. Однією з особливостей каркасно-щитових будівель є значний ступінь неоднорідності зовнішніх огороджувальних конструкцій. У щитах знаходиться велика кількість стійок, ригелів, перемичок, а також зв'язкових елементів. При цьому не варто забувати про лінійні теплопровідні включення, викликані формою будівлі: зовнішніх і внутрішніх кутах будівлі, балконах, віконних та дверних укосах та цокольних вузлах.

Були розглянуті два характерні вузли сполучення для будівель, виконаних по каркасно-щитового методу, з двома видами каркасу: з ЛСТК профілів та дерев'яних цільних брусів. В результаті аналізу значень, отриманих у модулі Simulation програмного комплекса SolidWorks, мінімальних та максимальних значень температур на внутрішній поверхні в часі була побудована схема розподілу амплітуд коливання для двох розрахункових схем: зовнішнього кута будівлі та вузла сполучення перекриття та стіни з ЛСТК та дерев'яним каркасом щитової панелі. Встановлено, що в зоні теплопровідних включень конструкція перевищує максимально допустиме нормативне значення у 5 і 3 рази для ЛСТК та дерев'яних профілів відповідно, що не задовольняє нормативним вимогам. Також зазначається, що при аналізі розподілу температур у часі досліджуємої моделі вузла сполучення перекриття і стіни були виявлені коливання температури в конструкції перекриття. Так для каркасних будівель із щитів, виконаних з ЛСТК профілю, зона коливання температури викликала скривлення температурного поля на відстань біля 200 мм у глиб приміщення. Для каркасних будівель, виконаних з щитів з дерев'яних каркасом, дана зона склала приблизно 100 мм.

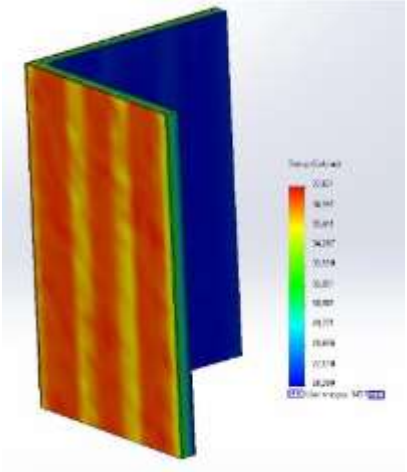


Рис. 9 – Візуалізація результатів моделювання нестаціонарного теплового режиму

Сурсанов Д.М. в статті [10] по результатам своїх досліджень робить висновки:

1. Використання елементного підходу під час розрахунку приведеного опору теплопередачі фрагменту огороджувальної конструкції за температурними полями дозволяє визначити найбільш «слабкі» з точки зору теплозахисту вузли або частини вузлів конструкції та оптимізувати їх.

2. При визначенні розмірів розрахункової ділянки лінійного елемента конструкції відсутній критерій визначення розмірів зони впливу теплопровідного включення, який був би відображений у нормах.

3. При розробці серійних огороджувальних конструкцій, таких як стінові панелі, або типових вузлів слід виконати оцінку тепловтрат через кожну конструкцію для використання цих даних у подальшому типовому проектуванні;

4. Використання нерівномірної (нерегулярної) сітки кінцевих елементів при моделюванні може призвести до отримання різних середніх температур на поверхні фрагмента τ, °С.

5. Використання розрахункових комплексів з можливістю варіації розрахункових моделей та параметризації геометричних розмірів вузла (товщини утеплювача, розмірів теплопровідних включень) суттєво розширює можливості аналізу теплотехнічних властивостей конструкції.

За рамками основних висновків слід зазначити, що вивчення впливу на результат розрахунку таких параметрів кінцево-елементної моделі, як розмір елемента, регулярність сітки кінцевих елементів, використання в якості результату не температури, а щільності теплового потоку та геометрична точність при побудові моделей вузлов, вимагає додаткових досліджень.

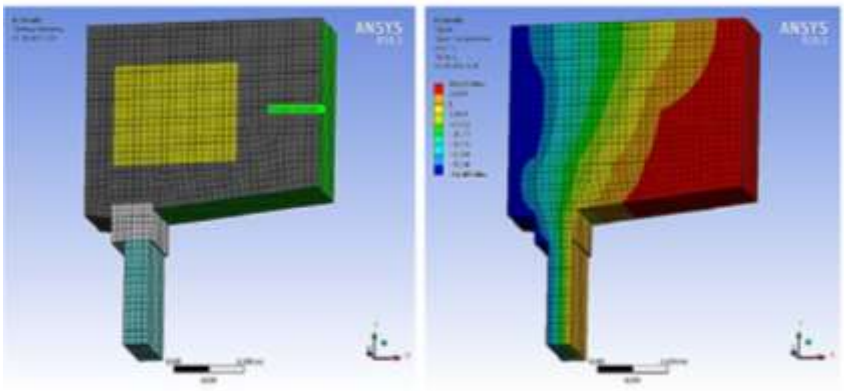


Рис. 10 – Модель та температурне поле моделі

Щипачова О.В. в статті [11] зазначає, що зовнішні конструкції житлових будинків мають велику кількість теплопровідних включень, що сприяє підвищеним витратам енергії на кліматизацію приміщень та зниження рівня їх теплового комфорту, а також можливе пошкодження огороджень у результаті випадання конденсату та утворення цвілі. У зв'язку з цим необхідний точний облік теплових втрат через теплопровідні включення, що дозволить оптимізувати необхідні теплозахисні заходи та в результаті підвищити якість проектування житлових будинків.

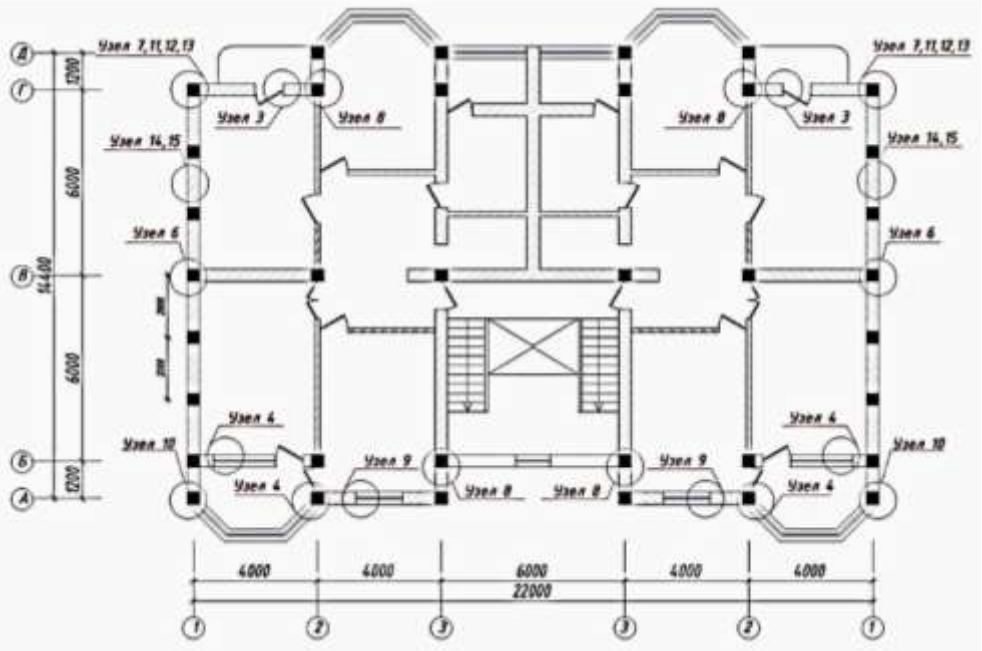


Рис. 11 – План типового поверху житлового будинку з позначеними вузлами з тепловими містками

Давидюк О.О. в статті [12] зазначає, що їм проведено дослідження впливу теплопровідних включень приведений опір теплопередачі зовнішніх багатошарових стін на основі легких бетонів на склоподібних наповнювачах. Встановлено раціональні товщини конструкцій зовнішніх багатошарових стін з використанням блоків з легких бетонів щільністю Д600-Д700 для можливості їх застосування без додаткового утеплення..

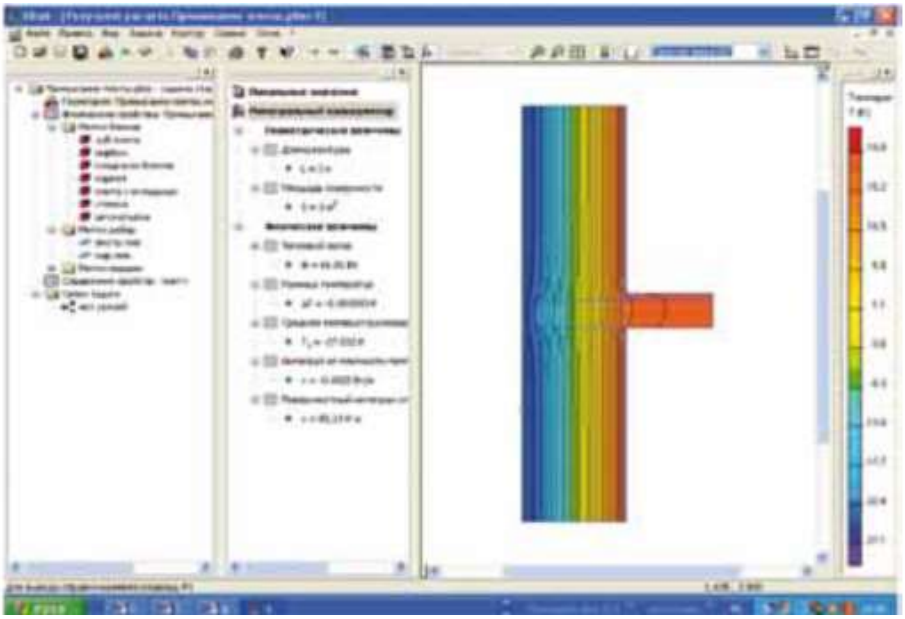


Рис. 12 – Результати розрахунку вузла.

Місірова А.М. в статті [13] вивчає вплив кріпильних елементів каркасу вентильованого фасаду на теплові втрати будівлі, а також виконує чисельну оцінку цих втрат на прикладі 7-поверхового житлового будинку. Додаткові тепловтрати через теплотехнічну неоднорідність вентильованого фасаду визначаються їм шляхом моделювання температурного поля розрахункової ділянки фасаду у програмному комплексі ELCUT.

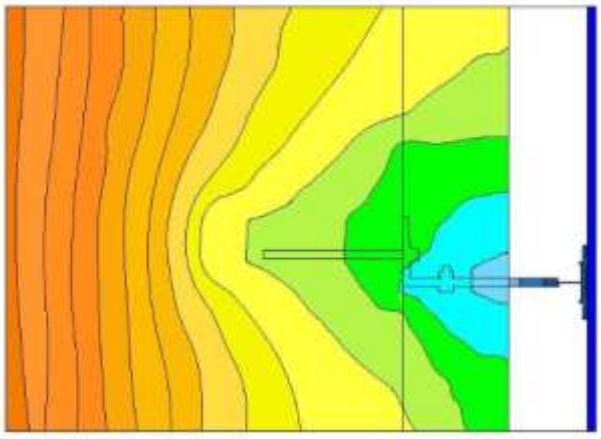


Рис. 13 – Температурне поле розрахункового вузла.

Шибаєва Г.М. в статті [14] зазначає, що актуальність роботи обумовлена необхідністю економії паливно-енергетичних ресурсів, що досягається скороченням теплових втрат через огороджувальні конструкції будівель та споруд. Вирішуючи

проблему економії енергоресурсів за допомогою покращення теплозахисту будівель слід враховувати витрати енергії на отримання самої теплоізоляційної конструкції. Застосування фасадних систем з повітряним зазором уможливлює створення огороджувальних конструкцій, що відповідають сучасним вимогам архітектури та будівництва, а також дозволяє скоротити експлуатаційні витрати будівель за рахунок зниження тепловтрат через зовнішні огородження.

Фасадні системи з вентильованим повітряним зазором, розвиток яких розпочався кілька років тому, на жаль, мають слабкі місця, що вимагають детального та якісного опрацювання. Копіювання конструктивних рішень, що використовуються в європейській зоні, без урахування особливостей клімату, не підкріплене методиками дослідження зміни їх властивостей в умовах частих змін температури, вологості, вітрових навантажень та інших впливів, може призвести до негативних проявам.

Конструктивні схеми фасадних систем з вентильованим повітряним зазором мають з мінімальними експлуатаційними витратами забезпечуватиме можливість моніторингу працездатності всіх елементів системи та у необхідних випадках проведення ремонтно-реконструкційних робіт.

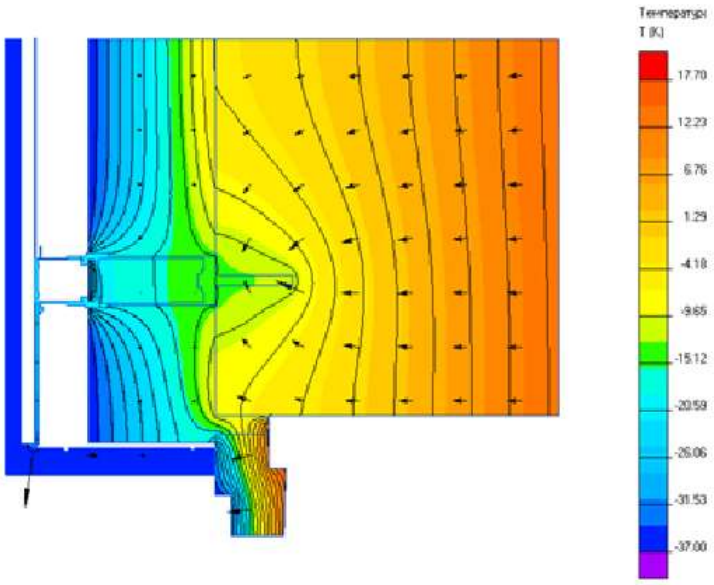


Рис. 14 – Температурне поле примикання віконної рами до зовнішньої стіни з навісним вентильованим фасадом

Косих П.А. в статті [15] розглядає вплив металевих теплопровідних включень на опір теплопередачі огороджувальних конструкцій. Автор виконавпорівняння результатів інженерної методики розрахунку опору теплопередачі з результатами компютерного моделювання. Також був виконаний аналіз залежності опору теплопередачі від вихідних параметрів, що дозволило узагальнити результати дослідження.

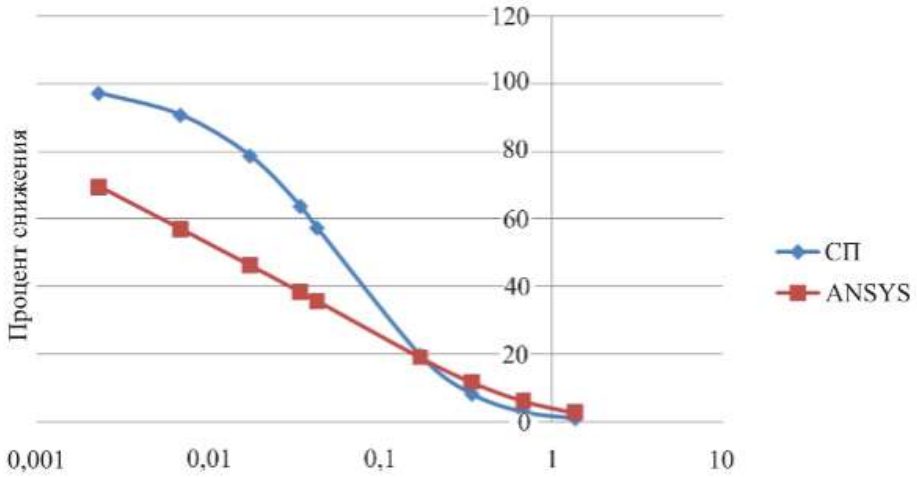


Рис. 15 – Зниження опору теплопередачі

Лещенко М.В. У статті [16] розглядаються стінові панелі на основі легких сталевих тонкостінних конструкцій з використанням як утеплювача полістиролбетону. 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 полістиролбетонів щільністю 300...1300 кг/м3. Результати показали, що зі збільшенням щільності полістиролбетону в 4.1 разу коефіцієнт теплопровідності підвищується у 3.7 рази, що становить практично лінійну залежність. Для зразків різної щільності було зафіксовано розкид значень деформацій при стисканні; показано, що для полістиролбетонів низьких щільностей характерна велика деформативність. 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 полістиролбетоном і служить у ролі термопрокладки. Такий метод підвищення енергоефективності стінових конструкцій з ЛСТК та полістиролбетону 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.

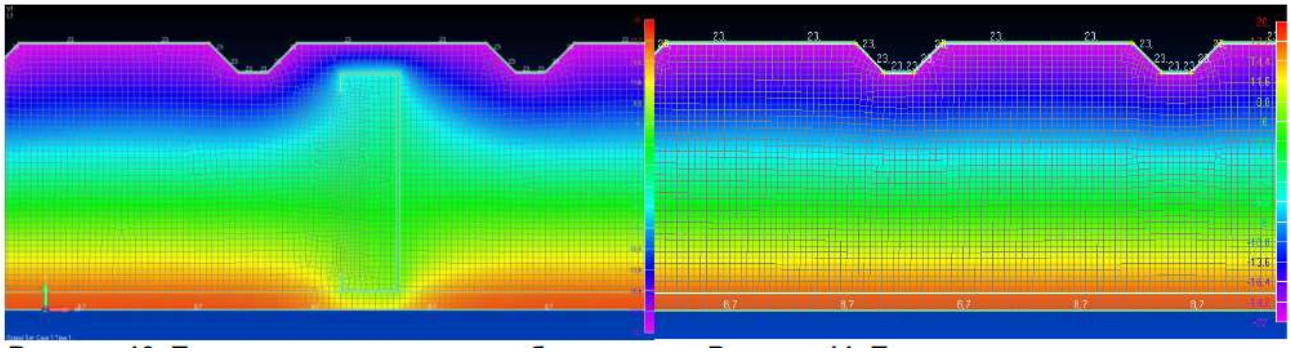


Рис. 16 – Температурне поле зразка з теплопровідним включенням

Жеребцов А.В. У статті [17] проведено розрахунки питомих втрат теплоти груп вузлів зовнішніх огороджувальних конструкцій, на прикладі штукатурної системи з теплоізоляційним шаром з плит ПІНОПЛЕКС.

Визначено питомий потік теплоти, зумовлений теплопровідним елементом – протипожежним розсіченням. із мінеральної вати. Виявлено частку загального теплового потоку, що проходить через фасадну систему з урахуванням усіх теплопровідних включень.

Залежність питомих втрат теплоти фасадної системи з теплоізоляційним шаром з плит ПІНОПЛЕКС, що подані в даному розрахунку, підтверджують порівняно незначний вплив протипожежних розсічень з мінеральної вати на загальні показники теплотехнічної однорідності.

Характеристики теплотехнічних неоднорідностей», дозволяють на стадії проектування з достатньою точністю виявляти теплотехнічно слабкі елементи конструкцій та враховувати це при оптимізації вузла.

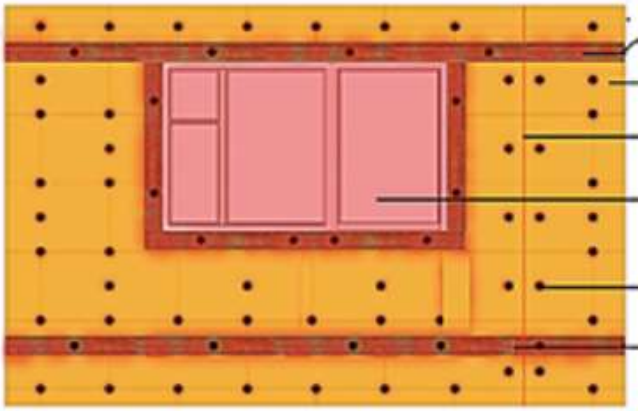


Рис. 17 – Розташування теплопровідних включень

Рибаков М.М. У статті [18] розглядається проблема тепловологісного режиму крайових зон огороджувальних 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 імітаційного моделювання температурного поля визначається 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 одними з найпоширеніших при влаштуванні навісної фасадної системи.

Моделювання проводиться для тривимірного вузла укосу, так як дана зона має велику кількість точкових теплопровідних включень, які необхідно моделювати лише у 3d.

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.

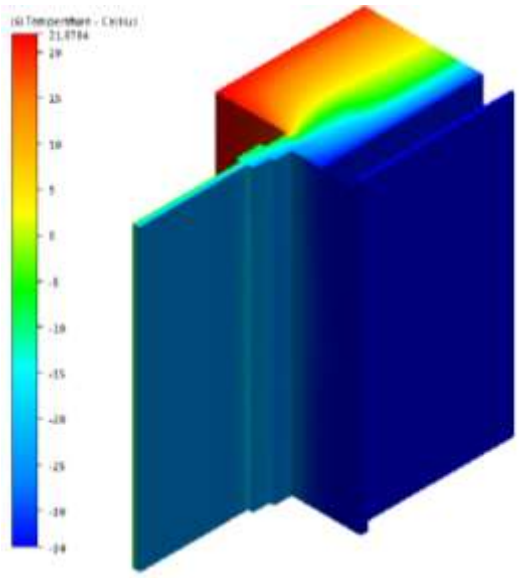


Рис. 18 – Температурні поля укосу з оцинкованої сталі

Єлохов А. У статті [19] порушується питання необхідності обліку теплових мостів внаслідок нововведених нормативних документів, однак виникає проблема у відсутності коректних методик їхнього розрахунку. Виявлено основні відмінності європейських методик від вітчизняних, 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.

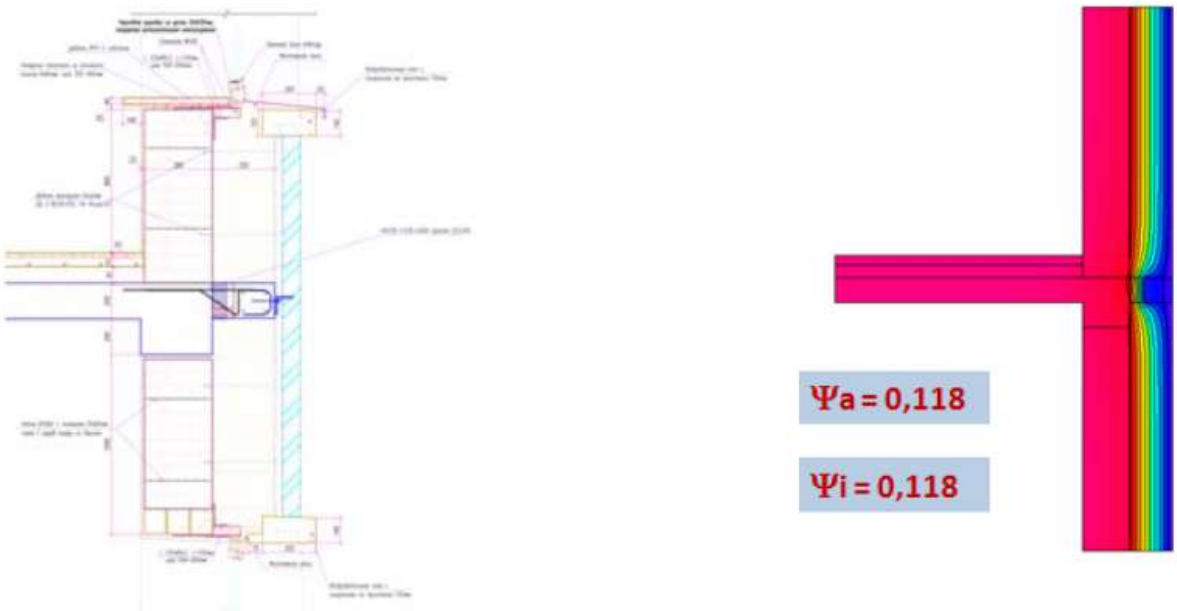


Рис. 19 – Примикання ж/б консолі до зовнішньої стіни через несучий теплоізоляційний елемент зоні міжповерхового перекриття

Ібе К.Є. У статті [20] зазначає, що на сьогоднішній день панельні будівлі масових серій не відповідають сучасним стандартам, мають дефекти та ушкодження, які безпосереднім чином впливають на тепловий захист будівель. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження питання про підвищення енергоефективності та теплового захисту будівель, а також покращення методів їх проектування. У цьому дослідженні проведено оцінку панельних будинків різних поколінь щодо теплових втрат. Зроблено візуальний огляд об'єктів дослідження за допомогою тепловізійної зйомки з метою виявлення характерних місць виникнення теплових потоків, і навіть дефектів, які впливають на тепловий захист. Були виявлені проблеми конструкції таких будівель. Було проведено розрахунок структурних вузлів, досліджено причини нерівномірного температурного поля в цих вузлах, і, як наслідок, появи температурного потоку через містки холоду, що веде до виникнення великих теплових втрат. Для розрахунку температурних полів під час дослідження застосовувався програмний комплекс ElCut. У ході дослідження було проведено аналіз компонентів, що характеризують енергоефективність будівлі. Було здійснено розрахунок такого найважливішого компонента, як приведений опір теплопередачі огороджувальної конструкції шляхом обчислення теплових втрат через плоскі елементи фасаду, а також лінійні неоднорідності. Було встановлено, що на величину теплових втрат площа скління впливає більшою мірою, ніж лінійні теплопровідні включення. Проведене дослідження виявило недосконаліть нормативної бази з проектування теплового захисту, і поставило під задачу перегляду та коригування нормативних показників та методик розрахунку огороджувальних конструкцій.

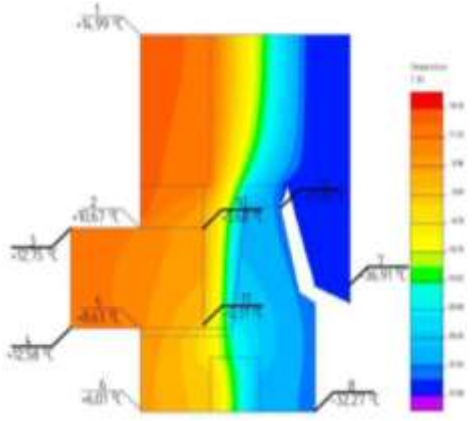


Рис. 20 – Температурне поле вузла примикання плити перекриття до зовнішньої тришарової стіни

Палій О.В. У статті [21] наведено чисельне дослідження ефективності поверхні тепловідведення, в основу якого закладено рівняння Навье-Стокса і перенесення енергії, включені в математичний апарат системи автоматичного проектування Ansys Fluent.

Проведено дослідження неефективності нерівномірної прогрітості площі поверхні штирьового тепловідведення, взятого як приклад типової класичної конструкції радіатора. Необхідність оптимізації тепловідвідної поверхні радіатора обґрунтована: по-перше, відсутністю загального підходу до проблеми неефективності використання матеріалів; а по-друге, підвищена температура експлуатації виробів електронної техніки є не тільки причиною відмов, а й значно погіршує їх основні параметри, що призводить до необхідності пошуку та застосування різних способів та методів охолодження, що забезпечують збереження параметрів у заданих нормах.

У міру ускладнення апаратури, збільшення кількості застосовуваних елементів та ступеню їх інтеграції, питання відведення тепла, а також методи розрахунків теплових режимів набувають особливого значення.

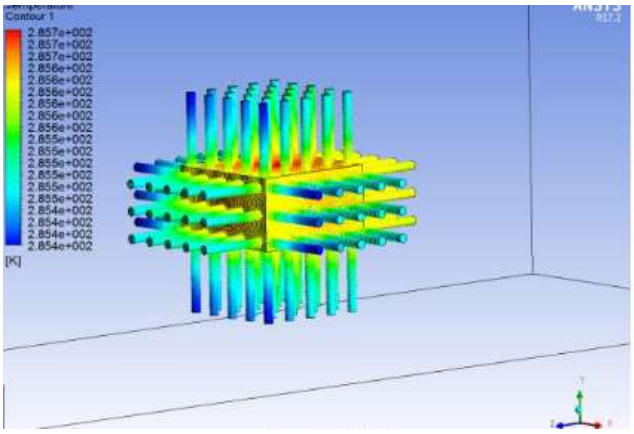


Рис. 21 – Модель штирьового тепловідведення із внутрішнім джерелом тепла у повітряному потоці

Нестеров Л. В. у статті [22] вказує, що при проектуванні зовнішніх стін будівель слід враховувати вплив теплопровідних включень як самих стін Опис конструкцій зовнішніх стін так і їх стиків сполучень з плитами, укосів отворів. Використовуючи наведену методику розрахунку, можна відмовитися від додаткових коефіцієнтів під час розрахунку тепловтрат приміщень, які для сучасних конструкцій зовнішніх стін будинків не забезпечують бажаної точності. Під час розробки конструкцій зовнішніх

стін з підвищеним рівнем теплозахисту необхідно детально розглядати кожне теплопровідне включення, а також їх сполучення з плитами і віконними блоками, так як у ряді випадків збільшення товщини шару теплоізоляції не призводить до відчутного підвищення опору теплопередачі. При цьому відбуваються значне перевищення витрат будівельних матеріалів, що неприпустимо.

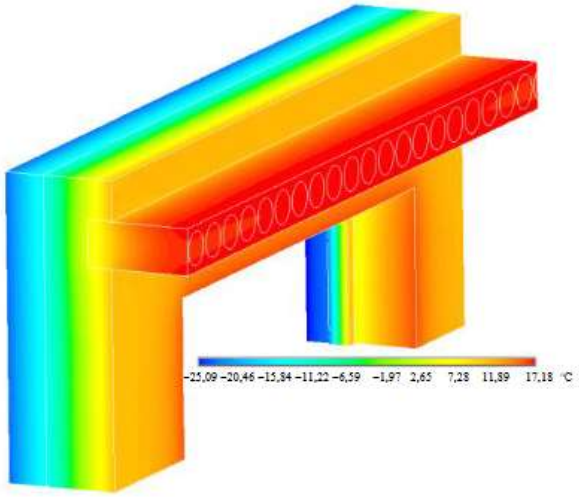


Рис. 22 – Температурне поле фрагмента зовнішньої цегляної стіни

Данилов Н.Д. у статті [23] провів аналіз формування температурного поля у зовнішній стіні будівлі з фасадною залізобетонною панеллю шляхом проведення розрахунків із застосуванням програми розрахунку просторових температурних полів та обстеження у кліматичній камері, у тому числі телевізійних зйомок. Показано, що теплопровідне включення у вигляді залізобетонної шпонки зі сталевим гаком у торці призводить до суттєвого зниження температури, але не більше, необхідних нормами проектування.

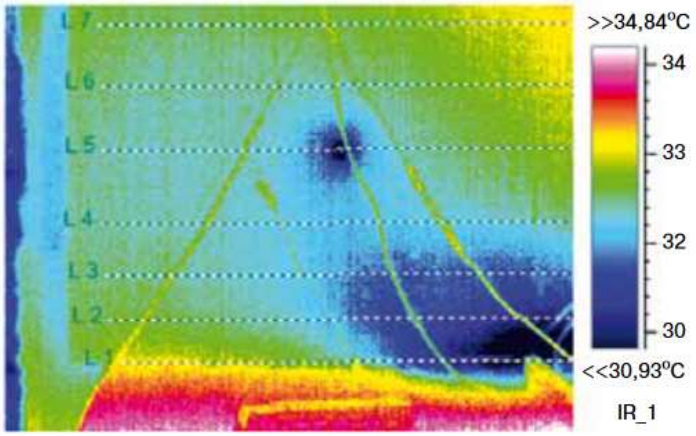


Рис. 23 – Приклад кадру тепловізійної зйомки

Турдалієва М.К. у статті [24] зазначив, що виконаними тепловізійними дослідженнями підтверджено теплова неоднорідність зовнішніх стін багатоповерхових житлових будинків. Це показують і самі тепловізійні картини, і отримані значення температур на зовнішній поверхні огорож. Максимальна різниця температур, заміряних у різних точках на зовнішньої поверхні стін становила 40С, але на 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 огороджувальні конструкції дуже суттєві. Причиною виникнення містків холоду у місцях стиків є низька якість будівельно-монтажних робіт, відсутність теплоізоляції. Загальне прагнення мінімізувати витрати енергії на виробництво та підтримка комфортних параметрів мікроклімату в будинках визначає необхідність достовірніших способів оцінки теплотехнічних якостей технічних рішень зовнішніх огороджувальних конструкцій, що приймаються в проектної документації для підвищення якості проектування.

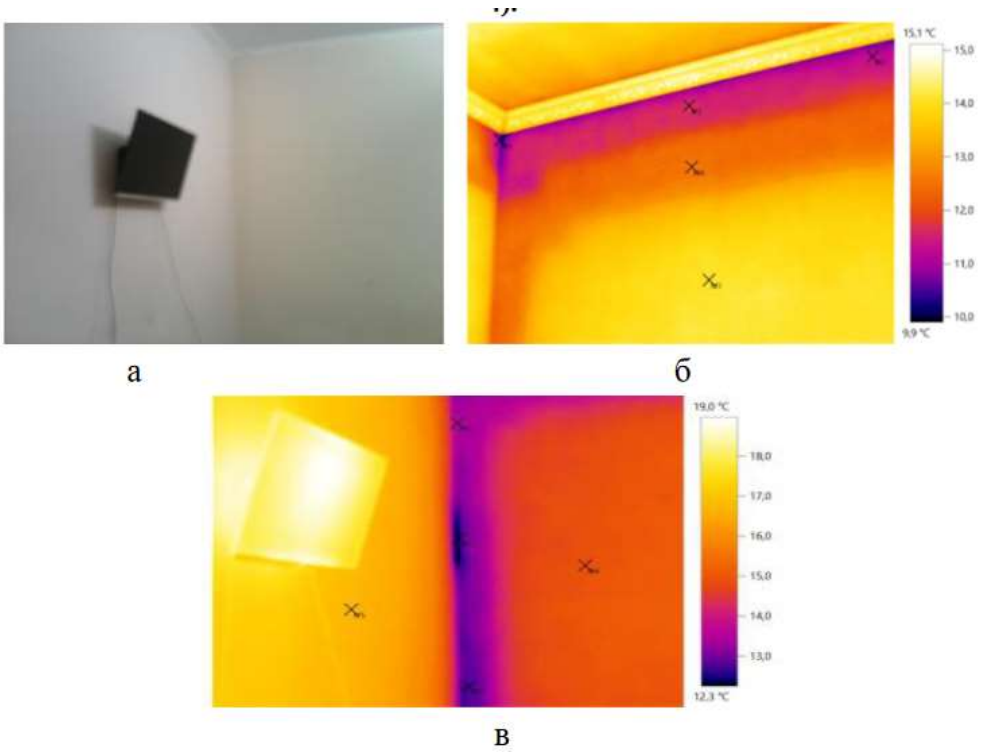


Рис. 24 – Загальний вигляд (а) та термограми верхнього горизонтального кута (б) та вертикального кута (в) кімнати

Умнякова Н.П. у статті [25] зазначила, що аналіз результатів математичного моделювання з розподілом температур по поверхні та в товщі конструкції показав, що при традиційному рішенні з перфорацією перекриття найбільша зміна температур і викривлення ізотерм відбувається в зоні монолітних залізобетонних містків холоду біля несучих сталевих арматурних стрижнів, виконаних з добре провідної тепло чорної сталі. Наявність такого масивного теплопровідного включення з важкого бетону та арматурної сталі викликає значні теплові втрати та зниження температури на внутрішній поверхні і товщі конструкції, яке поширюється не тільки до зони містка холоду, а й у ділянки стіни і перекриття в зоні термовставки з пінополістиролу.

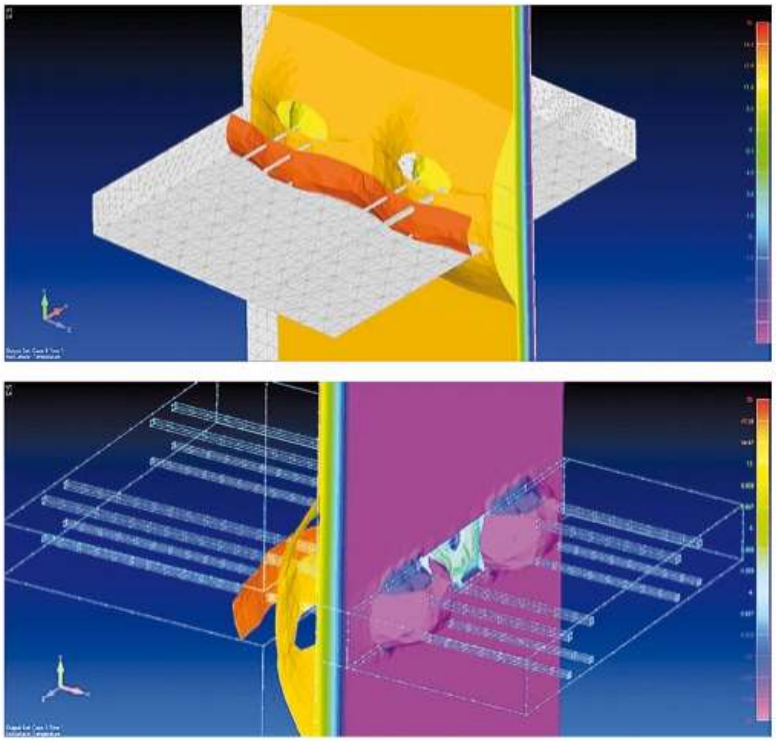


Рис. 25 – Розподіл температур у товщі зовнішньої стіни при традиційному рішенні з пристроєм перфорації в міжповерховому перекритті, отримане на основі розрахунку тривимірних температурних полів у програмному комплексі NASTRAN

Дослідження в області інсоляції виконували також наступні вчені: Хуторний А.Н. [26], Гагарін В.Г. [27], Данилов Н.Д. [28], Корнієнко С.В. [29], Дацюк Т.А. [30], Семикін П.В. [31], Ананьєв А.І. [32], Ананьїн М.Ю. [33], Тусніна В.М. [34], Данилов Н.Д. [35], Горшков О.С. [36], Павлов Н.М. [37], Гагарін В.Г. [38], Кривошеїн О.Д. [39], Корнієнко С.В. [40], Семенов В.С. [41],

Немова Д.В. [42], Русанов О.Є. [43], Кришов С.І. [44], Тусніна О.О. [45], Козлобродов О.М. [46], Самарін О.Д. [47], Неклюд А.Ю. [48], Філатов Є.Ф. [49], Tanner C. [50], Peer L. [51; 53], Tanner C. [52], Dagnall M. [54], Ciampi M. [55; 56], Gudum, C. [57], Martin K. [58], Hensen J. [59], Mingottia N. [60], Akinciturk N. [61], Roulet C. [62], Branco F. [63], Wakili K. [64], Evola G. [65], Keller T. [66], Goulouti K. [67], Trabelsi A. [68], Aristov L. [69], Vogdt F. [70], Lecompte T. [71], Kočí J. [72], Hongzhi Cui [73], Cziesielski E. [74], deGracia A. [75], Mirel Florin [76], W.P. Brown, [77], Kim H. [78], Gaši M. [79], Moga L. [80].

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 1

1. Дослідженнями теплопередачі в місцях теплопровідних включень займалося багато як вітчизняних так і закордонних науковців.

2. Опір теплопередачі огороджувальних конструкцій в місцях з теплопровідними включеннями, у інженерних розрахунках, визначається із застосуванням лінійних коефіцієнтів теплопередачі.

3. Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

4. Отримання формул, що дозволяють визначати лінійні коефіцієнти теплопередачі при любій товщині утеплювача та його теплопровідністю є актуальною задачею.

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Визначаємо залежність між лінійним коефіцієнтом теплопередачі та товщиною і теплопровідністю утеплювача.

2.1. Методика визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі

Розрахунок лінійного коефіцієнта теплопередачі виконуємо згідно з [83] за формулою:

$$k = L^{2D} - \sum_{i=1}^{j} U \cdot l$$

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

$$L^{2D} = \frac{Q_{\text{заг}}}{t_в - t_з}$$

де $Q_{\text{заг}}$ - тепловий потік, що проходить через розрахункову ділянку огороджувальної конструкції з теплопровідним включенням, Вт, визначаємо на підставі результатів розрахунку двомірного температурного поля;

де $t_{\text{в}}$, $t_{\text{з}}$ – температура, ℃, відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря. Розрахунок виконуємо для житлового будинку розташованого у І-й температурній зоні. Тоді за таблицею В.2 додатку В [1] $t_{\text{в}} = 20$ ℃; а за таблицею В.4 додатку В [1] $t_{\text{з}} = -22$ ℃;

U – коефіцієнт теплопередачі одновимірного фрагмента, Вт/(м^2 · К), який розділяє два досліджуваних середовища визначаємо за формулою

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

де R_Σ – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції, м^2 · К/Вт, визначаємо за формулою:

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

де δ_i, – товщини, м, шарів огороджувальної конструкції;

λ_{ip}, – теплопровідність, Вт/(м · К), шарів огороджувальної конструкції приймаємо за табл. А1 [81];

$\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), які приймаємо згідно з додатком Б [81];

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

l – довжина, м, до якої застосовано значення U.

2.2. Вузол 1

Розрахункова схема вузла наведена на рис. 26.

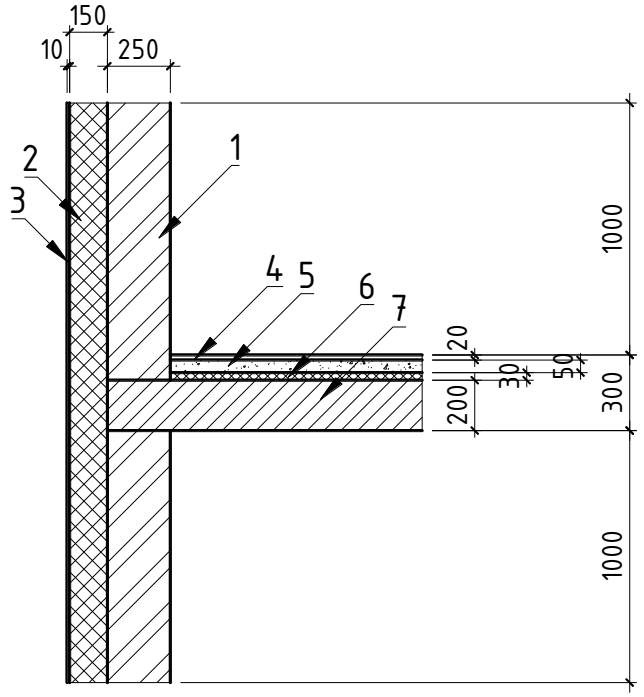


Рисунок 26 – Розрахункова схема вузла №1

Характеристики матеріалів шарів наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Цегла	1800	0,81

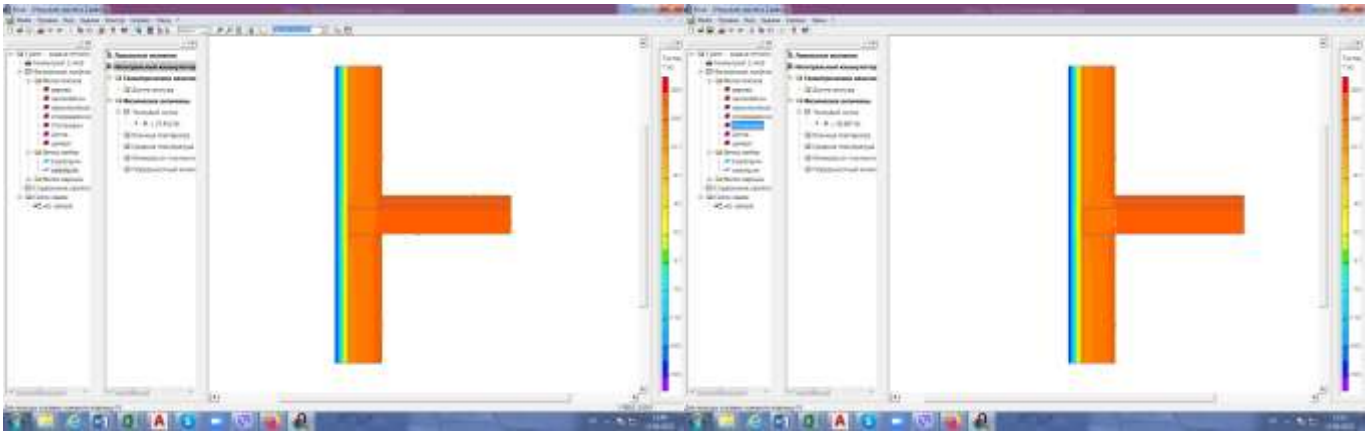
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев’яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
7	Залізобетон	2500	2,04

При розрахунку температурних полів $t_в$, $t_з$ – температура внутрішнього повітря прийнята $t_в = 20$ ℃, а зовнішнього $t_з = -20$ ℃.

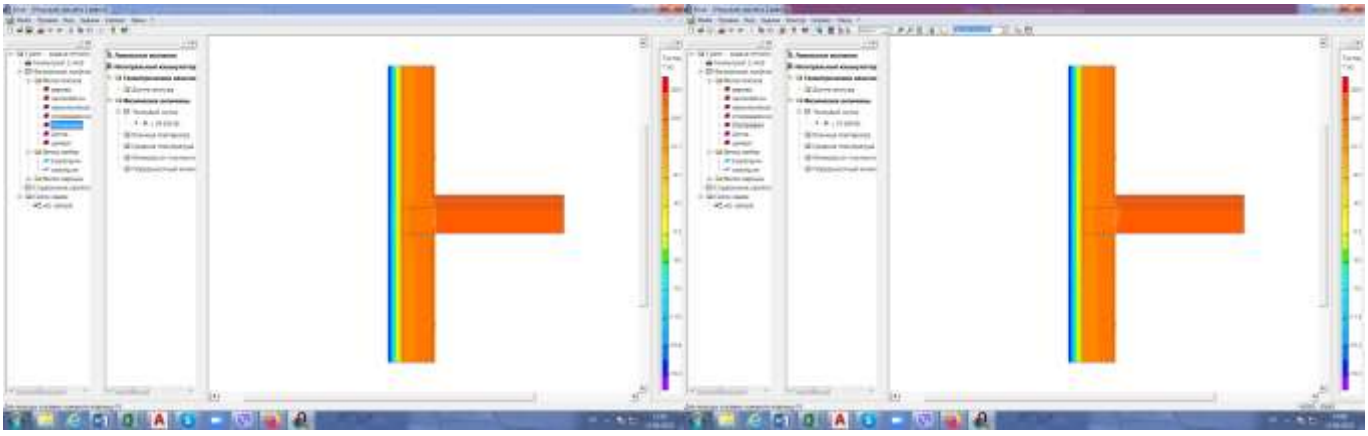
Розрахунки виконувалися у програмі ELCUT.

Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м наведені на рис. 27

а) б)



в) г)



д) є)

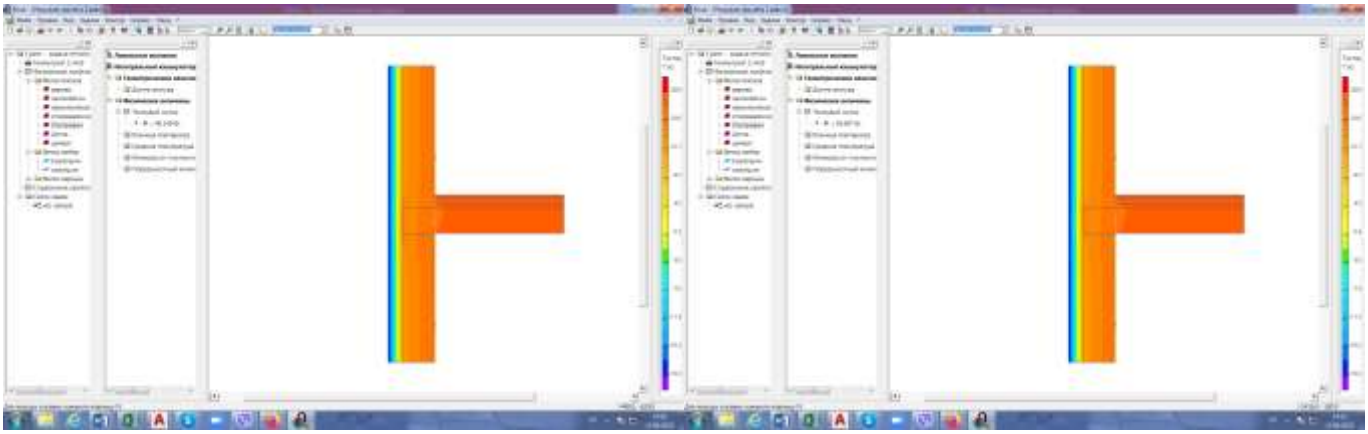


Рисунок 27 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 2.

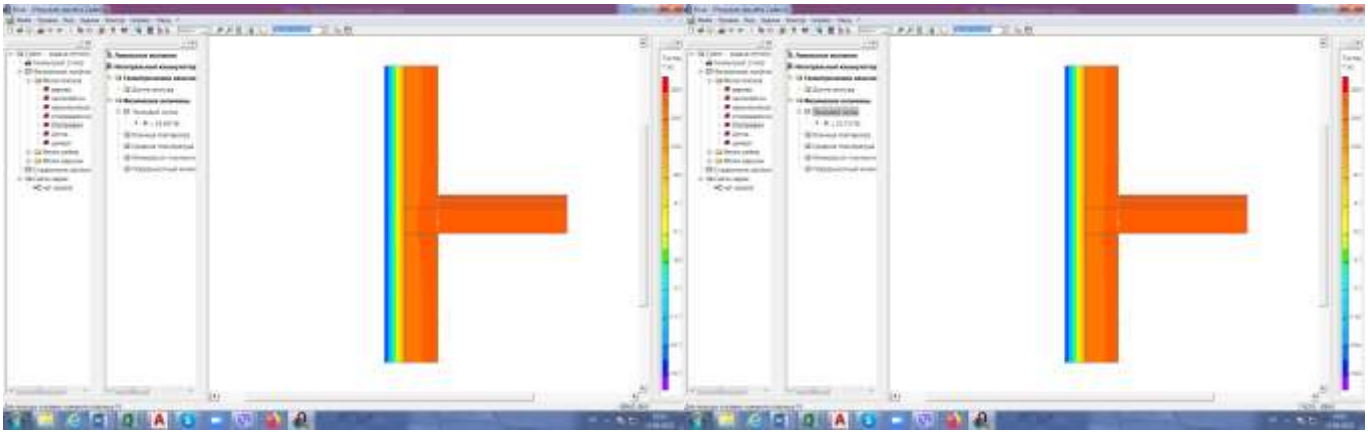
Таблиця 2

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,1 м.

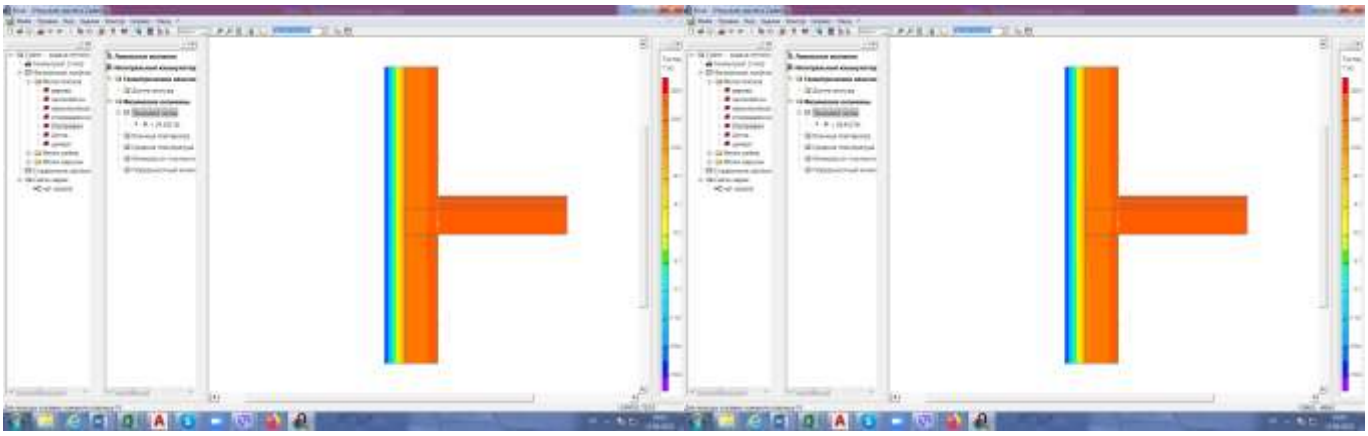
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	3,339831	2	27,16	0,299416	0,679033	0,08020
0,04	2,982688	2	30,28	0,335268	0,757119	0,08658
0,045	2,70491	2	33,31	0,369698	0,832846	0,09345
0,05	2,482688	2	36,23	0,402789	0,905779	0,10020
0,055	2,30087	2	39,04	0,434618	0,976117	0,10688
0,06	2,149354	2	41,82	0,465256	1,045512	0,11500

Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м наведені на рис. 28

а) б)



в) г)



д) є)

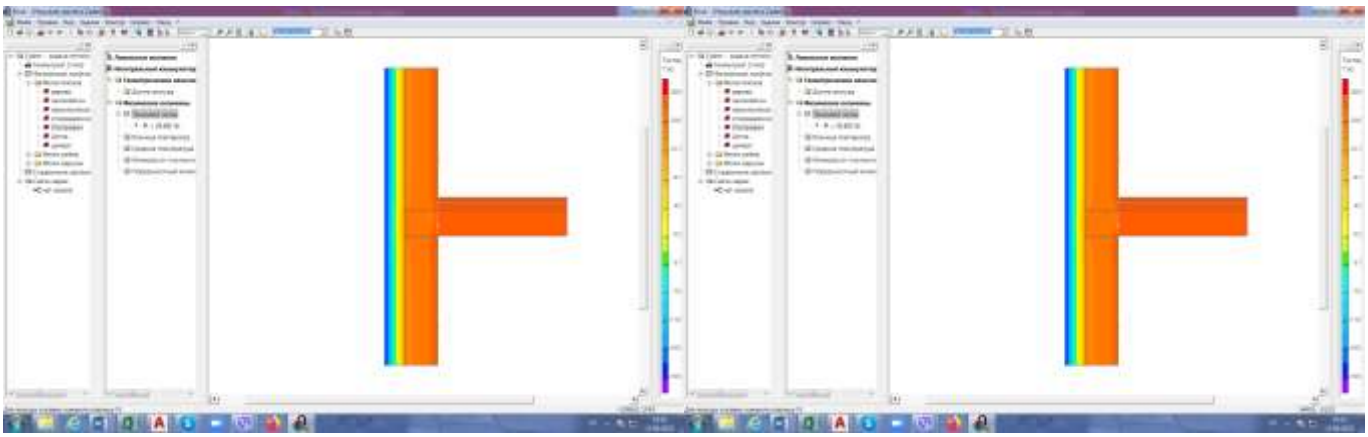


Рисунок 28 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 3.

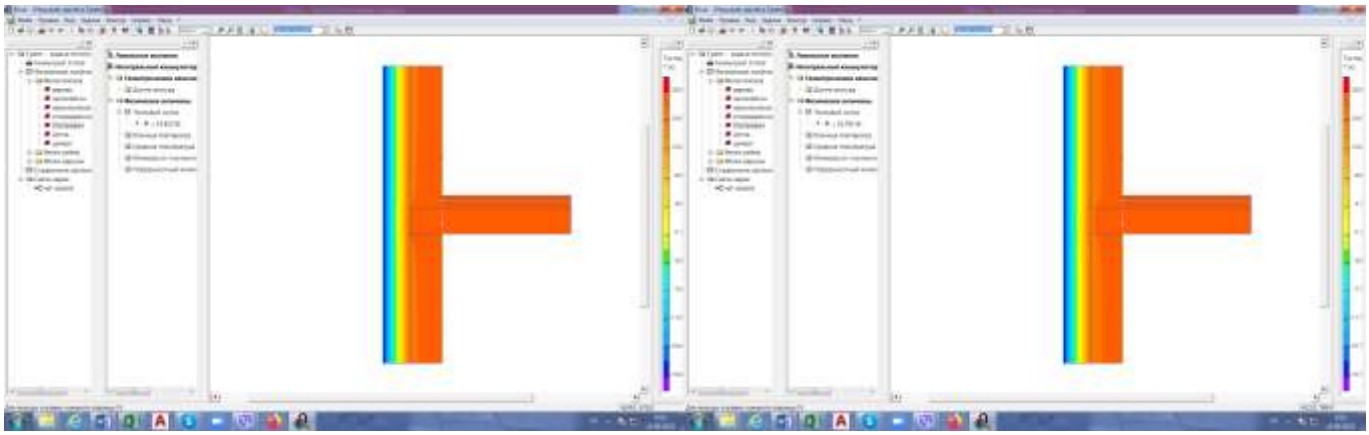
Таблиця 3

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,15 м.

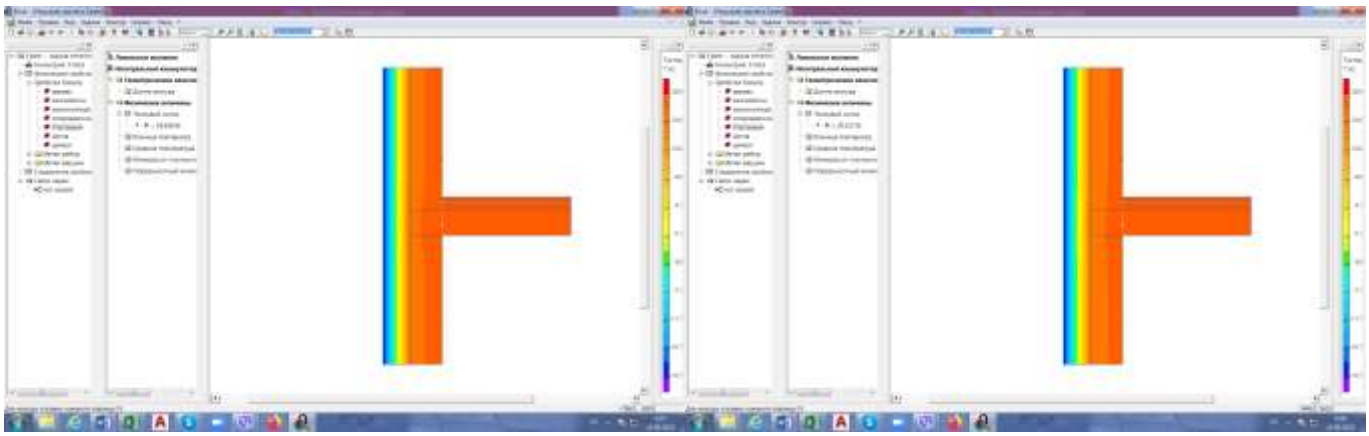
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	4,768402	2	19,22151	0,209714	0,480538	0,06111
0,04	4,232688	2	21,61612	0,236257	0,540403	0,06789
0,045	3,816021	2	23,96104	0,262053	0,599026	0,07492
0,05	3,482688	2	26,21316	0,287135	0,655329	0,08106
0,055	3,20996	2	28,44243	0,31153	0,711061	0,08800
0,06	2,982688	2	30,59025	0,335268	0,764756	0,09422

Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м наведені на рис. 29

а) б)



в) г)



д) є)

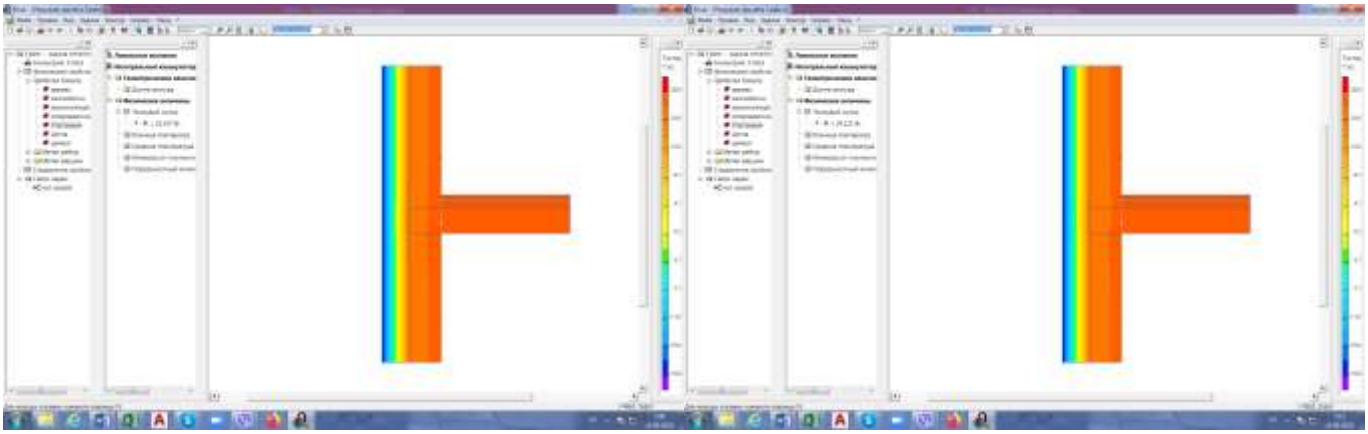


Рисунок 29 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 4.

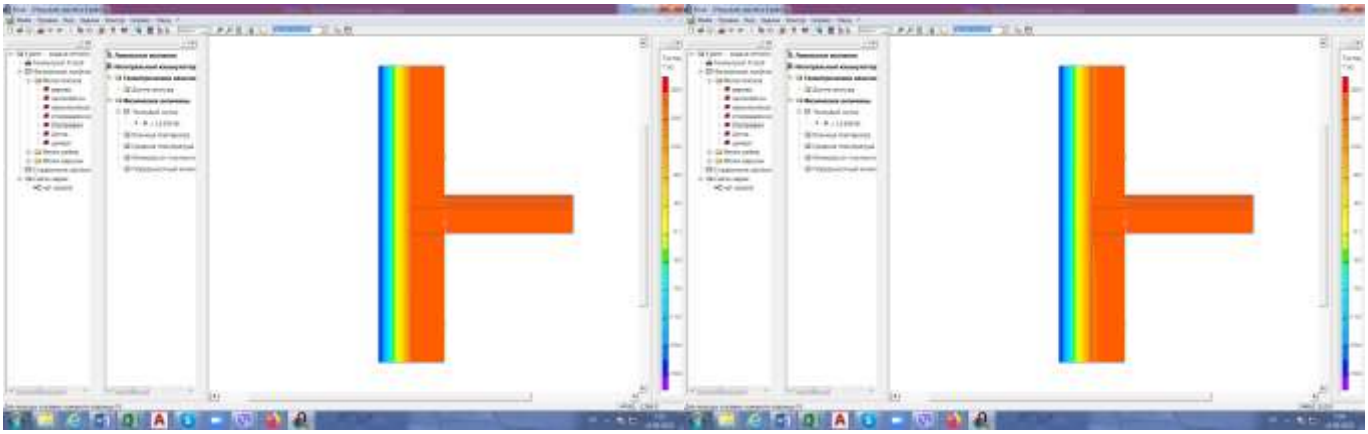
Таблиця 4

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,2 м.

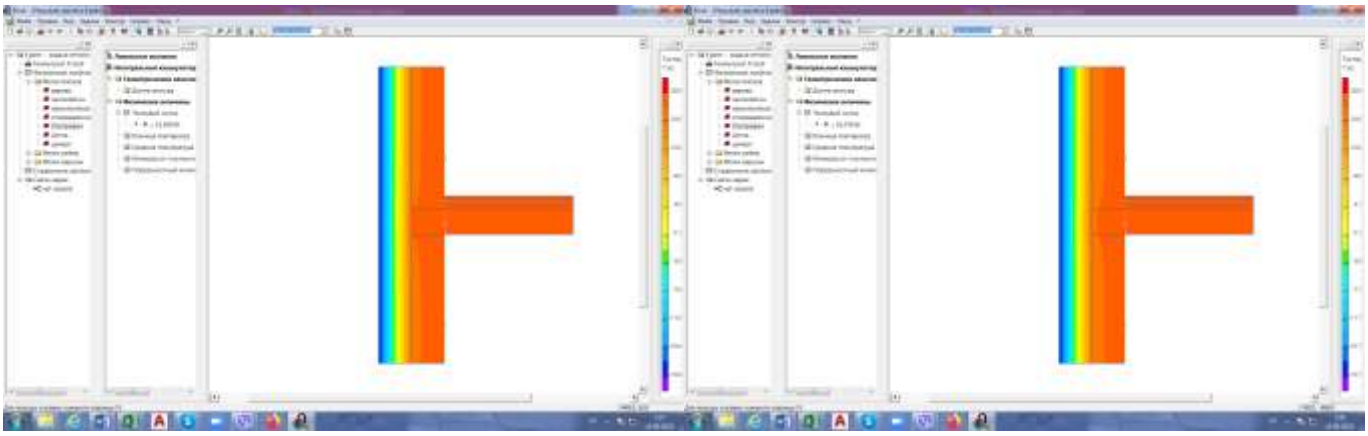
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	6,196973	2	14,75073	0,161369	0,368768	0,04603
0,04	5,482688	2	16,72898	0,182392	0,418225	0,05344
0,045	4,927132	2	18,63783	0,202958	0,465946	0,06003
0,05	4,482688	2	20,58444	0,22308	0,514611	0,06845
0,055	4,119051	2	22,38195	0,242774	0,559549	0,07400
0,06	3,816021	2	24,14864	0,262053	0,603716	0,07961

Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м наведені на рис. 30

а) б)



в) г)



д) є)

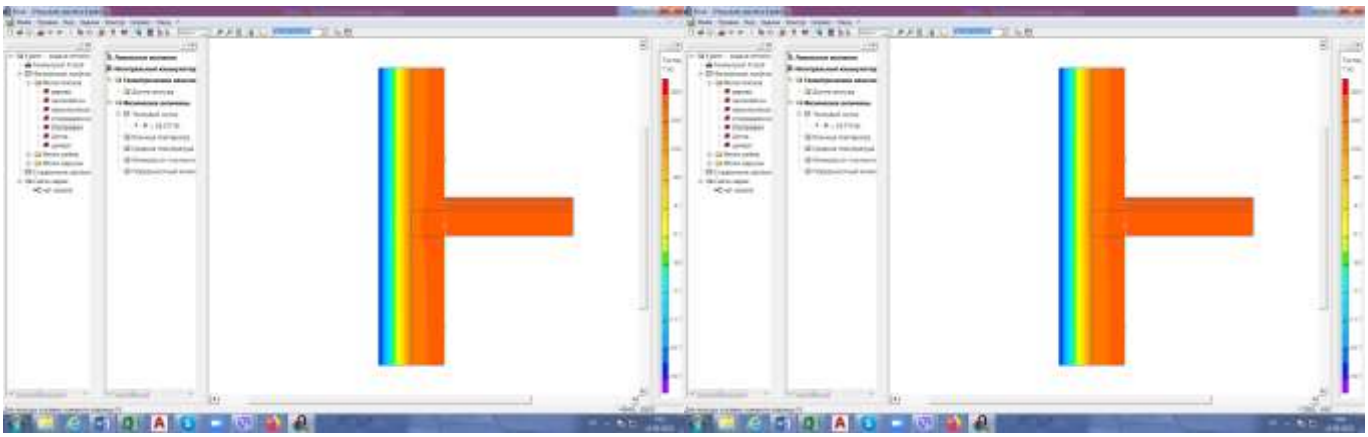


Рисунок 30 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 5.

Таблиця 5

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,25 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	7,625545	2	11,88545	0,131138	0,297136	0,03486
0,04	6,732688	2	13,56713	0,148529	0,339178	0,04212
0,045	6,038243	2	15,20169	0,165611	0,380042	0,04882
0,05	5,482688	2	16,82658	0,182392	0,420665	0,05588
0,055	5,028142	2	18,43085	0,198881	0,460771	0,06301
0,06	4,649354	2	20,01109	0,215084	0,500277	0,07011

На рис. 31 наведений графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності.

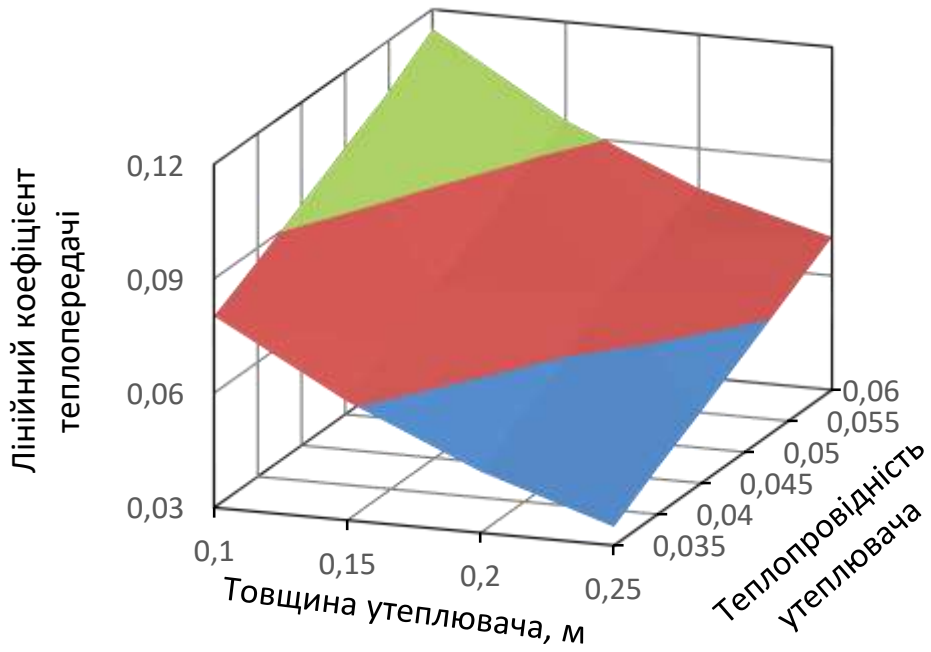


Рисунок 31 – Графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності

Для отримання формули залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від товщини і теплопровідності утеплювача перетворюємо графік поверхні на площину, використовуючи координати трьох точок поверхні.

Варіант 1.

Координати точок наведені у табл. 6.

Таблиця 6

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,0802
2	0,25	0,035	0,03486
3	0,15	0,06	0,09422

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}302267\delta_{ут} + 1{,}165333\lambda_{ут} + 0{,}06964$$

У табл. 7 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 7

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08020	0,06509	0,04997	0,03486
0,04	0,08603	0,07091	0,05580	0,04069
0,045	0,09185	0,07674	0,06163	0,04651
0,05	0,09768	0,08257	0,06745	0,05234
0,055	0,10351	0,08839	0,07328	0,05817
0,06	0,10933	0,09422	0,07911	0,06399

У табл. 8 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 8

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00006	-6,50729	-8,56671	0,00027
0,04	0,64260	-4,45319	-4,41602	3,40321
0,045	1,70863	-2,42917	-2,65965	4,72504
0,05	2,51502	-1,85862	1,45617	6,33518
0,055	3,15624	-0,44689	0,97309	7,68677
0,06	4,92758	0,00007	0,63236	8,72453

Середнє розходження у відсотках становить 3,3 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 8,7 %

Варіант 2.

Координати точок наведені у табл. 9.

Таблиця 9

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,03486
2	0,25	0,06	0,07011
3	0,1	0,045	0,09345

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}2966\delta_{\text{ут}} + 1{,}41\lambda_{\text{ут}} + 0{,}05966$$

У табл. 10 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 10

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,07935	0,06452	0,04969	0,03486
0,04	0,08640	0,07157	0,05674	0,04191
0,045	0,09345	0,07862	0,06379	0,04896
0,05	0,10050	0,08567	0,07084	0,05601
0,055	0,10755	0,09272	0,07789	0,06306
0,06	0,11460	0,09977	0,08494	0,07011

У табл. 11 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 11

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,05985	-5,58010	-7,95134	0,00000
0,04	0,21136	-5,42053	-6,17515	0,49858
0,045	0,00000	-4,93860	-6,26353	-0,28677

0,05	-0,29940	-5,68715	-3,49160	-0,23264
0,055	-0,62687	-5,36364	-5,25676	-0,07935
0,06	0,34783	-5,89047	-6,69514	0,00000

Середнє розходження у відсотках становить 3 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 8 %

Варіант 3.

Координати точок наведені у табл. 12.

Таблиця 12

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,115
2	0,25	0,06	0,7011
3	0,2	0,035	0,04603

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}299267\delta_{ут} + 1{,}561733\lambda_{ут} + 0{,}0512227$$

У табл. 13 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 13

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,07596	0,06099	0,04603	0,03107
0,04	0,08377	0,06880	0,05384	0,03888

0,045	0,09157	0,07661	0,06165	0,04668
0,05	0,09938	0,08442	0,06946	0,05449
0,055	0,10719	0,09223	0,07726	0,06230
0,06	0,11500	0,10004	0,08507	0,07011

У табл. 14 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 14

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	5,29095	0,19096	0,00010	10,88180
0,04	3,25431	-1,34331	-0,74592	7,70354
0,045	2,00751	-2,25659	-2,69413	4,37539
0,05	0,81572	-4,14421	-1,46961	2,48282
0,055	-0,29128	-4,80451	-4,41164	1,12480
0,06	0,00002	-6,17346	-6,86255	0,00010

Середнє розходження у відсотках становить 3,1 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 10,9 %

Варіант 4.

Координати точок наведені у табл. 15.

Таблиця 15

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,0802

2	0,1	0,06	0,115
3	0,25	0,045	0,04882

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}302\delta_{\text{ут}} + 1{,}392\lambda_{\text{ут}} + 0{,}06168$$

У табл. 16 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 16

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08020	0,06510	0,05000	0,03490
0,04	0,08716	0,07206	0,05696	0,04186
0,045	0,09412	0,07902	0,06392	0,04882
0,05	0,10108	0,08598	0,07088	0,05578
0,055	0,10804	0,09294	0,07784	0,06274
0,06	0,11500	0,09990	0,08480	0,06970

У табл. 17 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 17

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00000	-6,52921	-8,62481	-0,11474

0,04	-0,66641	-6,14229	-6,58683	0,61728
0,045	-0,71696	-5,47250	-6,48009	0,00000
0,05	-0,87824	-6,06958	-3,55004	0,17895
0,055	-1,08533	-5,61364	-5,18919	0,42850
0,06	0,00000	-6,02844	-6,51928	0,58480

Середнє розходження у відсотках становить 3,3 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 8,6 %

Мінімальні значення розходження при застосуванні формули за варіантом 2.

$$k = -0{,}2966\delta_{\text{ут}} + 1{,}41\lambda_{\text{ут}} + 0{,}05966$$

2.3. Вузол 2

Розрахункова схема вузла наведена на рис. 32.

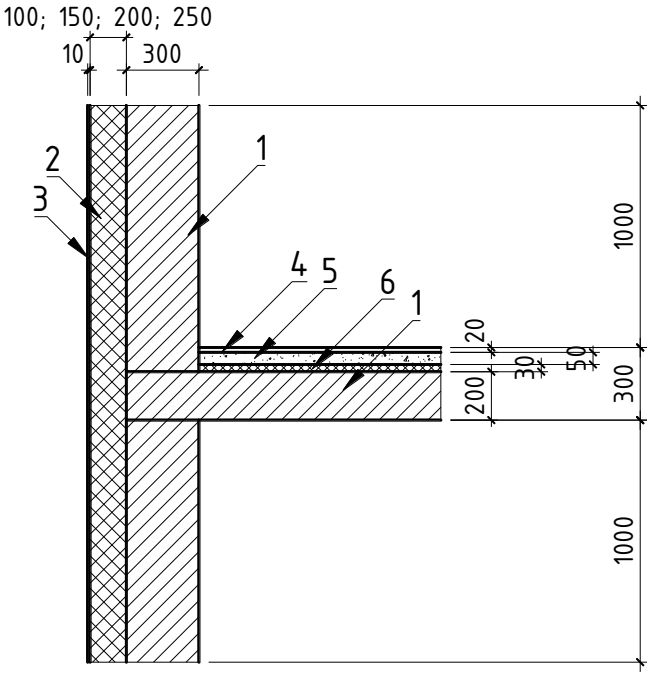


Рисунок 32 – Розрахункова схема вузла №2

Характеристики матеріалів шарів наведені у табл. 18.

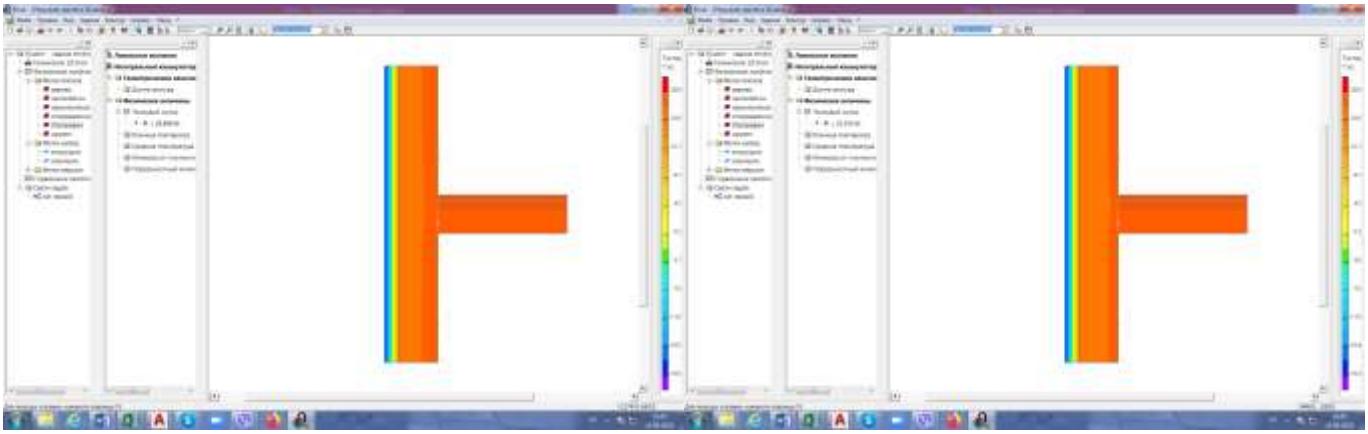
Таблиця 18

Характеристики матеріалів шарів

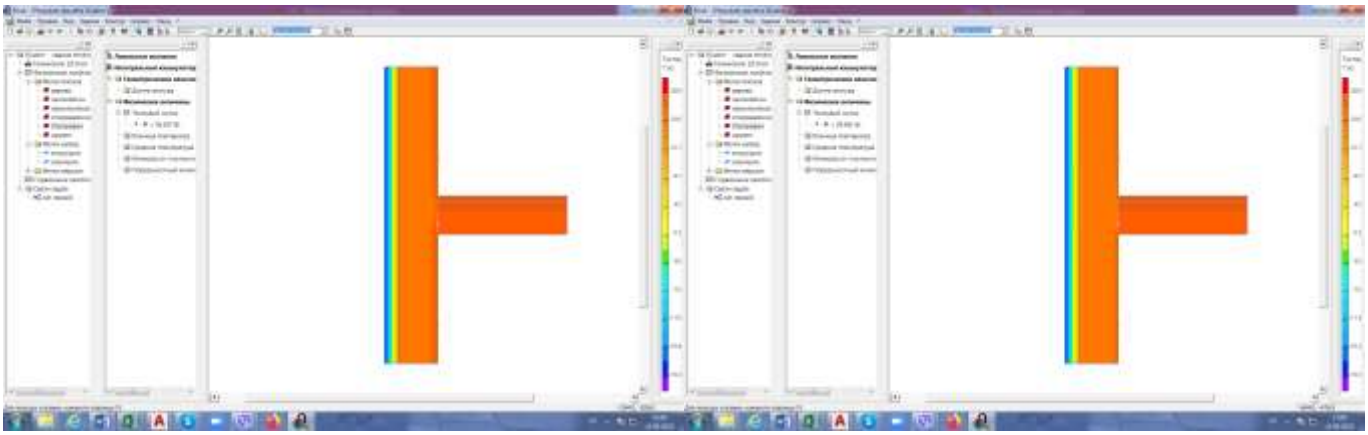
№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м³	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Залізобетон	2500	2,04
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев’яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048

Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м наведені на рис. 33

а) б)



в) г)



д) є)

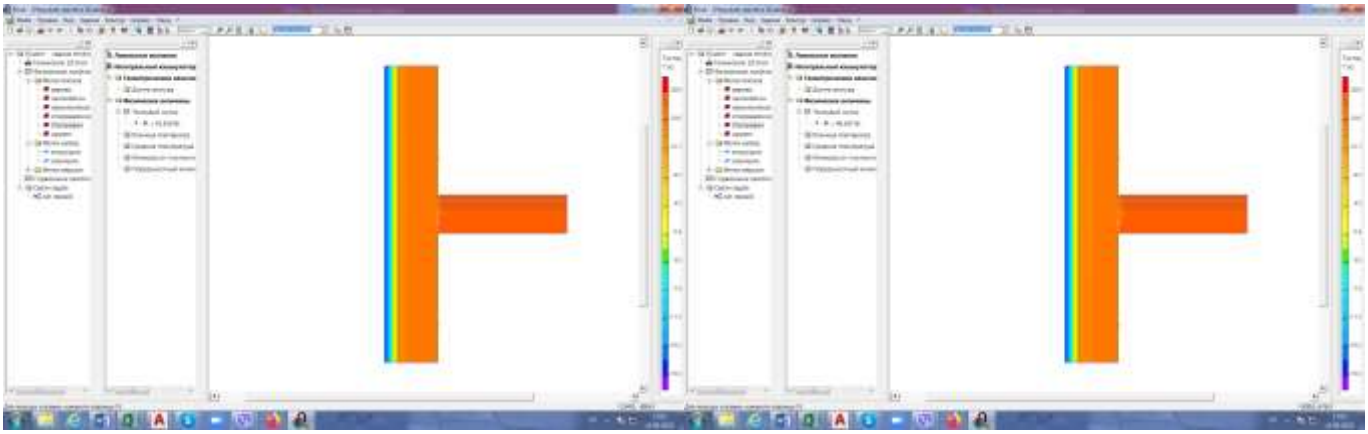


Рисунок 33 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 19.

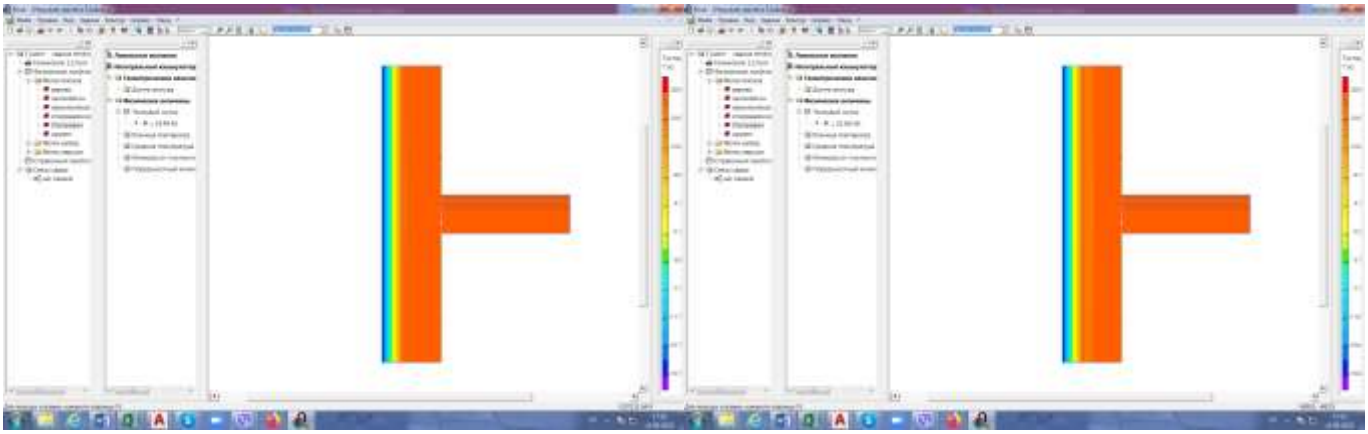
Таблиця 19

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,1 м.

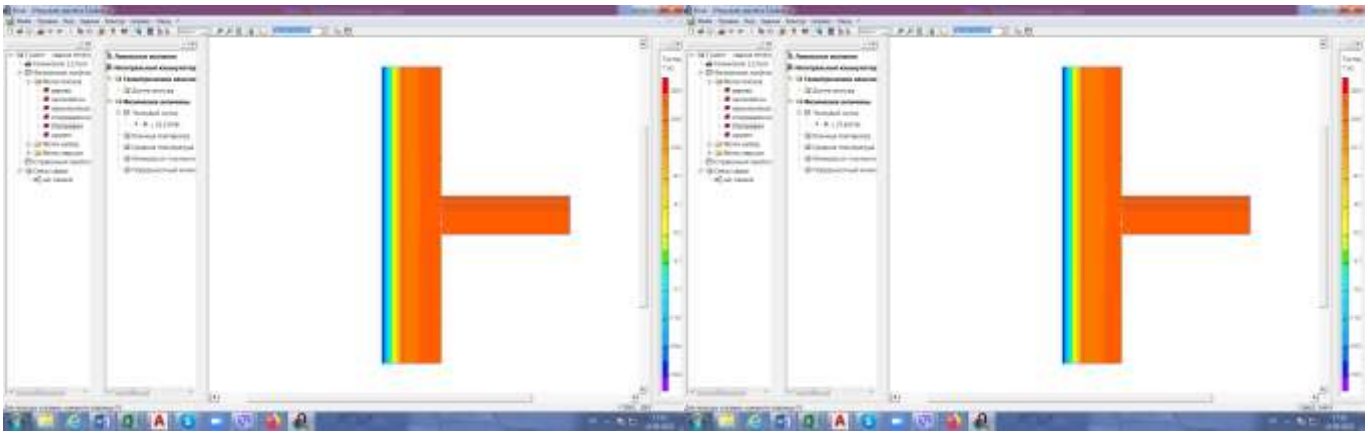
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	3,178247	2	28,78444	0,314639	0,719611	0,09033
0,04	2,821105	2	32,23849	0,354471	0,805962	0,09702
0,045	2,543327	2	35,76926	0,393186	0,894232	0,10786
0,05	2,321105	2	39,08435	0,430829	0,977109	0,11545
0,055	2,139286	2	42,51721	0,467446	1,06293	0,12804
0,06	1,987771	2	45,85941	0,503076	1,146485	0,14033

Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м наведені на рис. 34.

а) б)



в) г)



д) є)

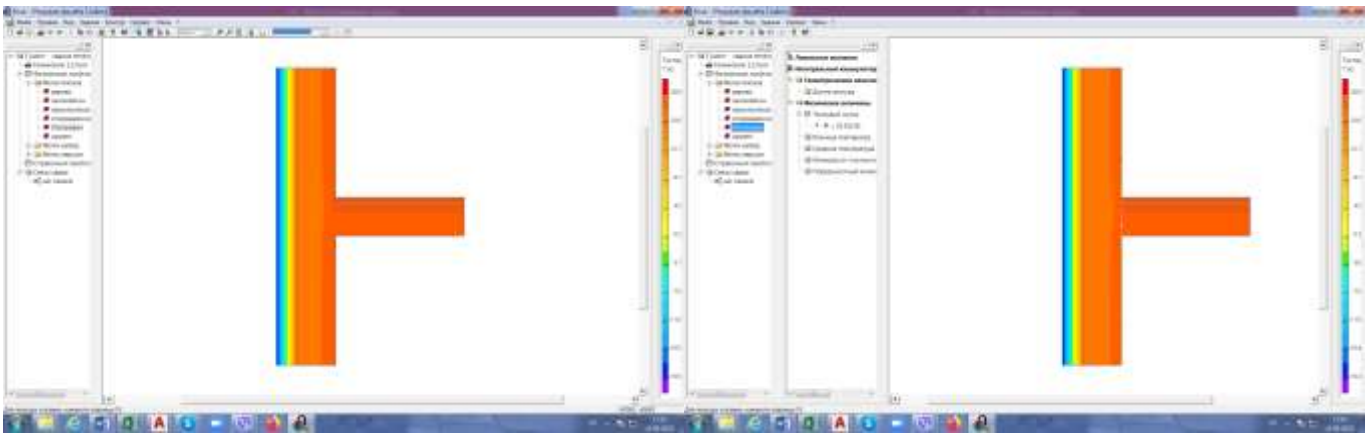


Рисунок 34 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 20.

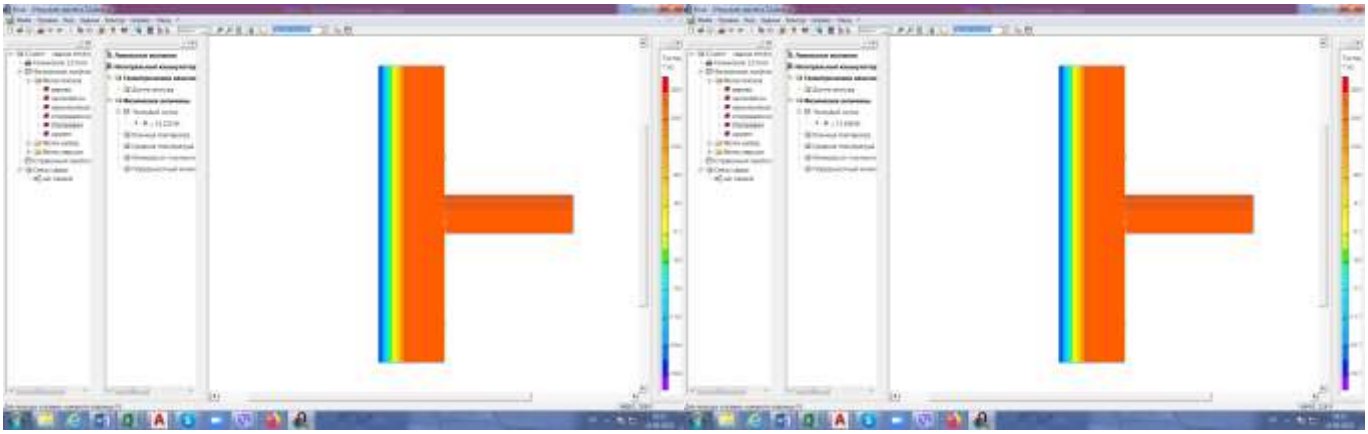
Таблиця 20

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,15 м.

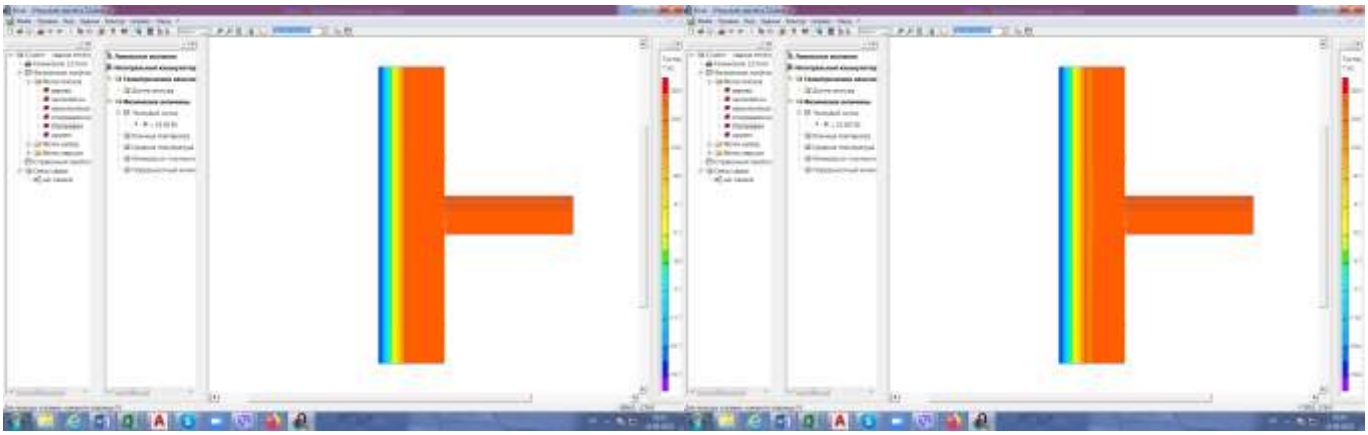
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	4,606819	2	19,72156	0,21707	0,493039	0,05890
0,04	4,071105	2	22,45069	0,245634	0,561267	0,07000
0,045	3,654438	2	25,13559	0,27364	0,62839	0,08111
0,05	3,321105	2	27,67477	0,301105	0,691869	0,08966
0,055	3,048377	2	30,26907	0,328043	0,756727	0,10064
0,06	2,821105	2	32,82049	0,354471	0,820512	0,11157

Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м наведені на рис. 35

а) б)



в) г)



д) є)

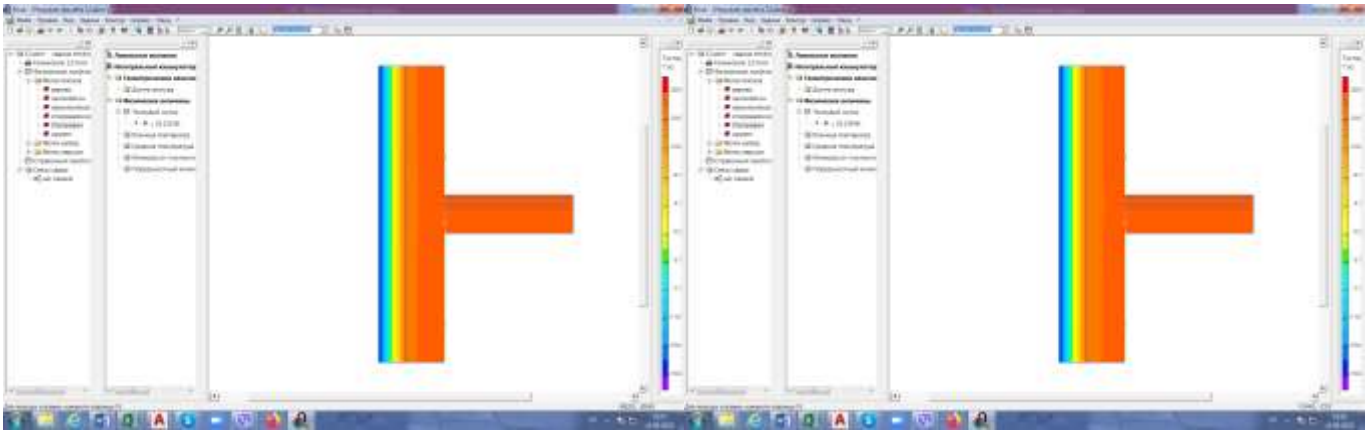


Рисунок 35 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 21.

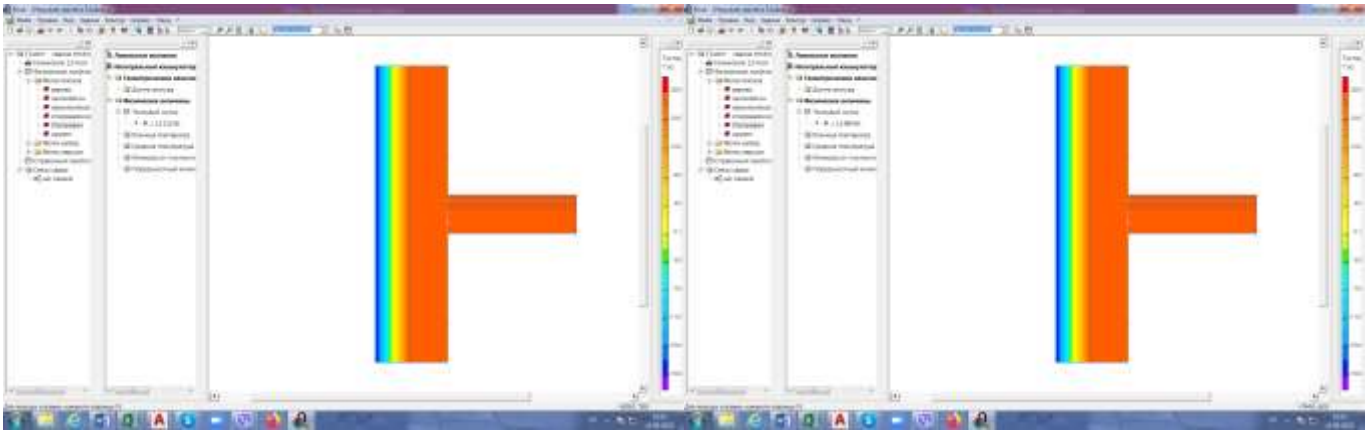
Таблиця 21

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,2 м.

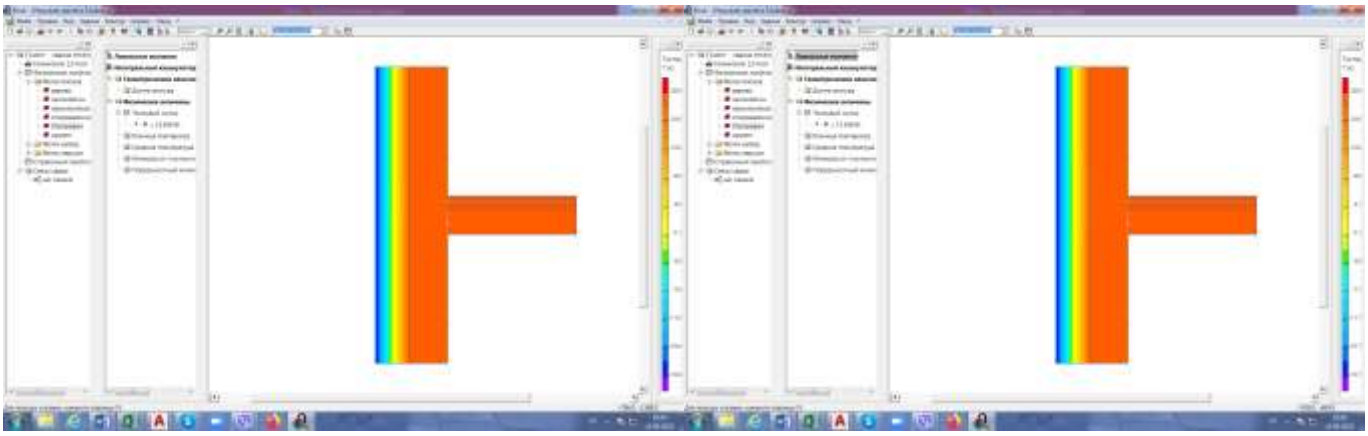
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_Σ, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	6,03539	2	14,67755	0,165689	0,366939	0,03556
0,04	5,321105	2	16,88487	0,187931	0,422122	0,04626
0,045	4,765549	2	19,02635	0,209839	0,475659	0,05598
0,05	4,321105	2	21,16338	0,231422	0,529085	0,06624
0,055	3,957468	2	23,26958	0,252687	0,58174	0,07637
0,06	3,654438	2	25,37123	0,27364	0,634281	0,08700

Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м наведені на рис. 36

а) б)



в) г)



д) є)

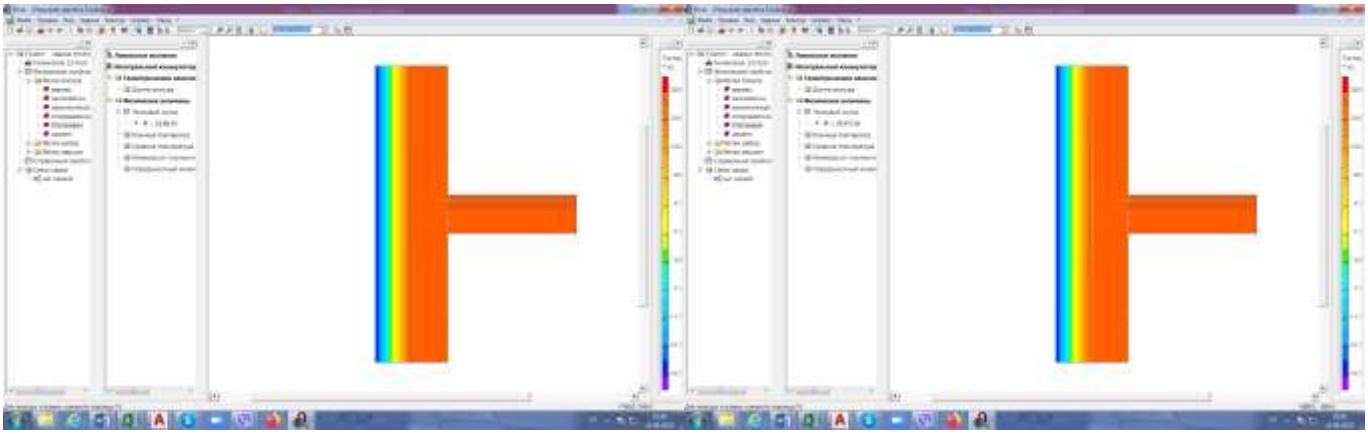


Рисунок 36 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 22.

Таблиця 22

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,25 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	7,463962	2	11,21017	0,133977	0,280254	0,01230
0,04	6,571105	2	13,04784	0,152181	0,326196	0,02183
0,045	5,87666	2	14,92277	0,170165	0,373069	0,03274
0,05	5,321105	2	16,73127	0,187931	0,418282	0,04242
0,055	4,866559	2	18,5368	0,205484	0,46342	0,05245
0,06	4,487771	2	20,34622	0,222828	0,508656	0,06300

На рис. 37 наведений графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності.

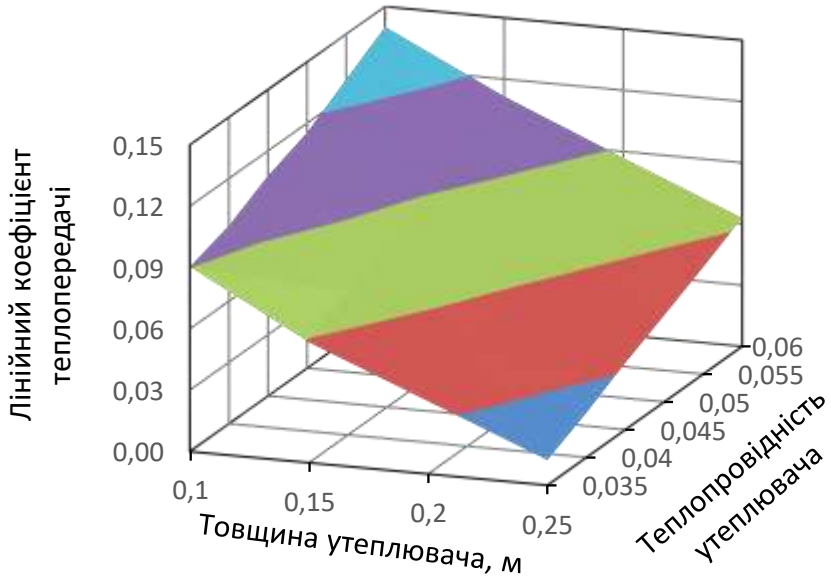


Рисунок 37 – Графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності

Для отримання формули залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від товщини і теплопровідності утеплювача перетворюємо графік поверхні на площину, використовуючи координати трьох точок поверхні.

Варіант 1.

Координати точок наведені у табл. 23.

Таблиця 23

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,09033
2	0,25	0,035	0,0123
3	0,15	0,06	0,11157

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}5202\delta_{ут} + 1{,}89\lambda_{ут} + 0{,}0762$$

У табл. 24 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 24

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,09033	0,06432	0,03831	0,01230
0,04	0,09978	0,07377	0,04776	0,02175
0,045	0,10923	0,08322	0,05721	0,03120
0,05	0,11868	0,09267	0,06666	0,04065
0,055	0,12813	0,10212	0,07611	0,05010
0,06	0,13758	0,11157	0,08556	0,05955

У табл. 25 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 25

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00365	-9,20204	-7,73341	0,00000
0,04	-2,84477	-5,38571	-3,24254	0,38130
0,045	-1,27017	-2,60141	-2,19721	4,70373
0,05	-2,79775	-3,35713	-0,63406	4,17256
0,055	-0,07107	-1,47059	0,33523	4,48428
0,06	1,96197	0,00000	1,65630	5,47619

Середнє розходження у відсотках становить 2,7 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 9,2 %

Варіант 2.

Координати точок наведені у табл. 26.

Таблиця 26

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,0123
2	0,25	0,06	0,063
3	0,1	0,045	0,10786

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}501867\delta_{\text{ут}} + 2{,}028\lambda_{\text{ут}} + 0{,}0667867$$

У табл. 27 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 27

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08758	0,06249	0,03739	0,01230
0,04	0,09772	0,07263	0,04753	0,02244
0,045	0,10786	0,08277	0,05767	0,03258
0,05	0,11800	0,09291	0,06781	0,04272
0,055	0,12814	0,10305	0,07795	0,05286
0,06	0,13828	0,11319	0,08809	0,06300

У табл. 28 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 28

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,04716	-6,09117	-5,15945	-0,01382
0,04	-0,72222	-3,75386	-2,75551	-2,78680
0,045	-0,00065	-2,04377	-3,02733	0,48351

0,05	-2,20935	-3,62224	-2,37726	-0,71122
0,055	-0,07943	-2,39239	-2,08038	-0,78090
0,06	1,46266	-1,44994	-1,25711	-0,00270

Середнє розходження у відсотках становить 2 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,1 %

Варіант 3.

Координати точок наведені у табл. 29.

Таблиця 29

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,14033
2	0,25	0,06	0,063
3	0,2	0,035	0,03556

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}515533\delta_{ут} + 2{,}128667\lambda_{ут} + 0{,}0641633$$

У табл. 30 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 30

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08711	0,06134	0,03556	0,00978
0,04	0,09776	0,07198	0,04620	0,02043

0,045	0,10840	0,08262	0,05685	0,03107
0,05	0,11904	0,09327	0,06749	0,04171
0,055	0,12969	0,10391	0,07813	0,05236
0,06	0,14033	0,11455	0,08878	0,06300

У табл. 14 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 14

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,56453	-4,13700	-0,00013	20,46020
0,04	-0,75931	-2,82861	0,12240	6,44210
0,045	-0,50066	-1,86582	-1,54826	5,10060
0,05	-3,11247	-4,02264	-1,88715	1,66572
0,055	-1,28686	-3,24924	-2,31436	0,18181
0,06	0,00234	-2,67399	-2,04103	-0,00011

Середнє розходження у відсотках становить 2,9 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 20,5 %

Варіант 4.

Координати точок наведені у табл. 15.

Таблиця 15

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,09033

2	0,1	0,06	0,14033
3	0,25	0,045	0,03274

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}517267\delta_{\text{ут}} + 2\lambda_{\text{ут}} + 0{,}0720567$$

У табл. 16 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 16

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,09033	0,06447	0,03860	0,01274
0,04	0,10033	0,07447	0,04860	0,02274
0,045	0,11033	0,08447	0,05860	0,03274
0,05	0,12033	0,09447	0,06860	0,04274
0,055	0,13033	0,10447	0,07860	0,05274
0,06	0,14033	0,11447	0,08860	0,06274

У табл. 17 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 17

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00365	-9,45102	-8,55821	-3,57683

0,04	-3,41167	-6,38093	-5,06550	-4,15284
0,045	-2,29001	-4,13839	-4,68614	0,00015
0,05	-4,22694	-5,36097	-3,56778	-0,75424
0,055	-1,78930	-3,80232	-2,92971	-0,54879
0,06	0,00235	-2,59626	-1,84170	0,41278

Середнє розходження у відсотках становить 3,3 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 9,5 %

Мінімальні значення розходження при застосуванні формули за варіантом 2.

$$k = -0{,}501867\delta_{\text{ут}} + 2{,}028\lambda_{\text{ут}} + 0{,}0667867$$

2.4. Вузол 3

Розрахункова схема вузла наведена на рис. 38.

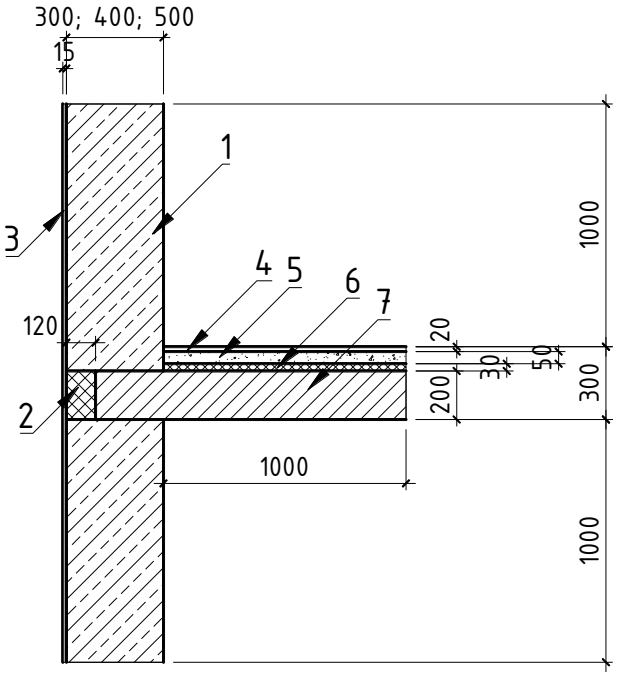


Рисунок 38 – Розрахункова схема вузла №3

Характеристики матеріалів шарів наведені у табл. 18.

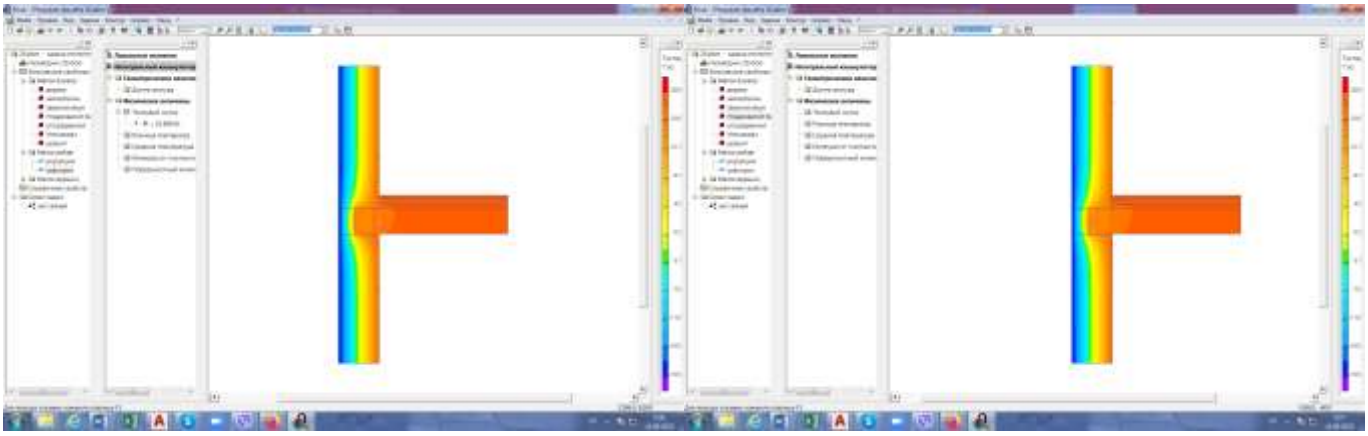
Таблиця 18

Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м³	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Кладка з ніздрюватого бетону	Марка бетону D300; D400; D500	0,1; 0,13; 0,16
2	Утеплювач	125	0,049
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
7	Залізобетон	2500	2,04

Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,3 м наведені на рис. 39

а) б)



в)

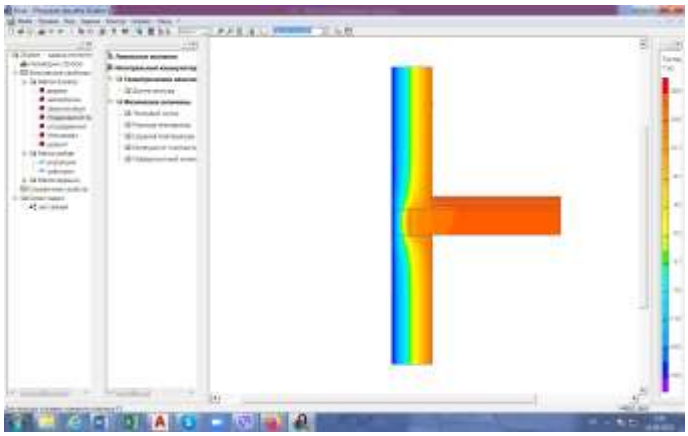


Рисунок 39 – Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,3 м та його теплопровідності: а) 0,01 Вт/(м · К), б) 0,13 Вт/(м · К), в) 0,16 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 19.

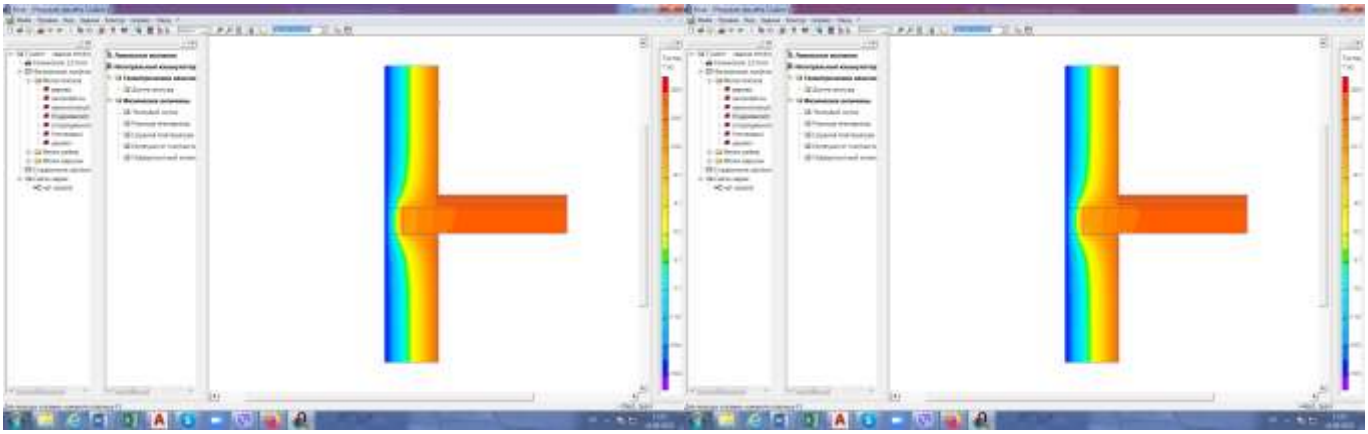
Таблиця 19

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині ніздрюватого бетону 0,3 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,1	3,181858	2	31,02734	0,314282	0,775684	0,14712
0,13	2,489551	2	38,67431	0,401679	0,966858	0,16350
0,16	2,056858	2	46,26715	0,486178	1,156679	0,18432

Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,4 м наведені на рис. 40.

а) б)



в)

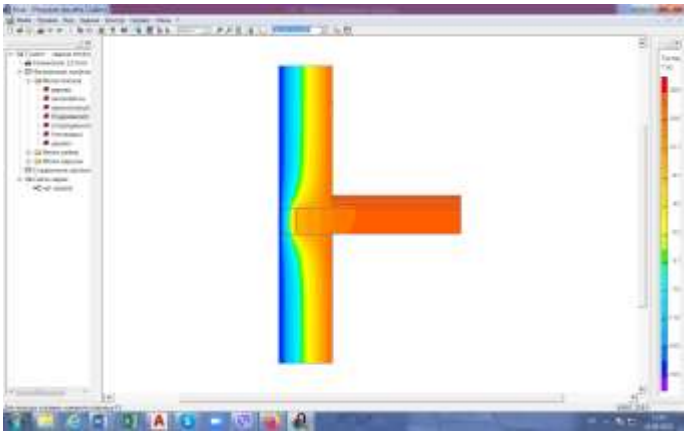


Рисунок 40 – Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,4 м та його теплопровідності: а) 0,01 Вт/(м · К), б) 0,13 Вт/(м · К), в) 0,16 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 20.

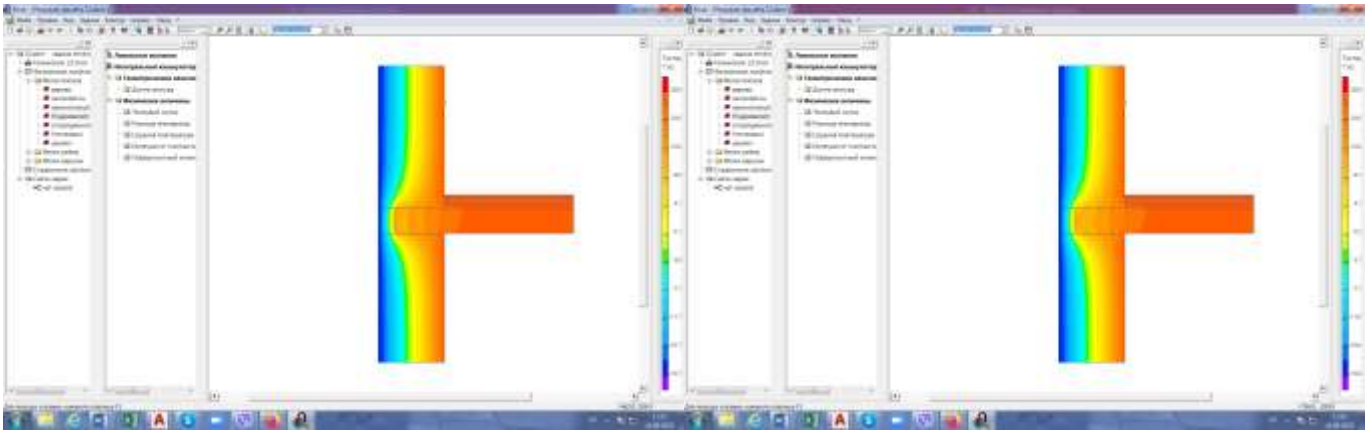
Таблиця 20

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині ніздрюватого бетону 0,4 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,1	4,181858	2	25,13065	0,239128	0,628266	0,15001
0,13	3,258781	2	31,34265	0,306863	0,783566	0,16984
0,16	2,681858	2	37,22166	0,372876	0,930542	0,18479

Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,5 м наведені на рис. 41

а) б)



в)

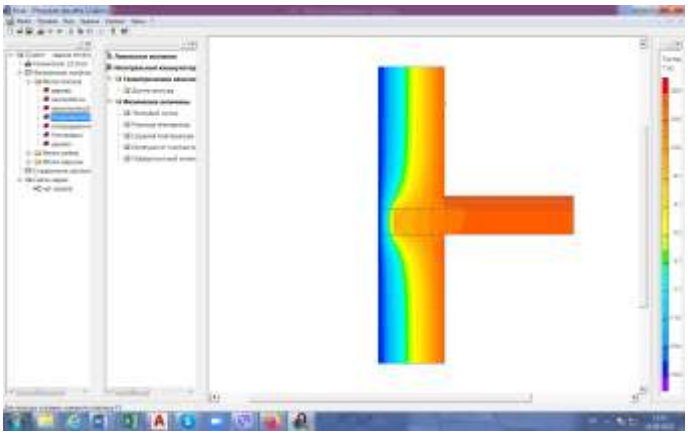


Рисунок 41 – Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,5 м та його теплопровідності: а) 0,01 Вт/(м · К), б) 0,13 Вт/(м · К), в) 0,16 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 21.

Таблиця 21

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині ніздрюватого бетону 0,5 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,1	5,181858	2	21,86048	0,192981	0,546512	0,16055
0,13	4,028012	2	26,96611	0,248261	0,674153	0,17763
0,16	3,306858	2	32,09295	0,302402	0,802324	0,19752

На рис. 42 наведений графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності.

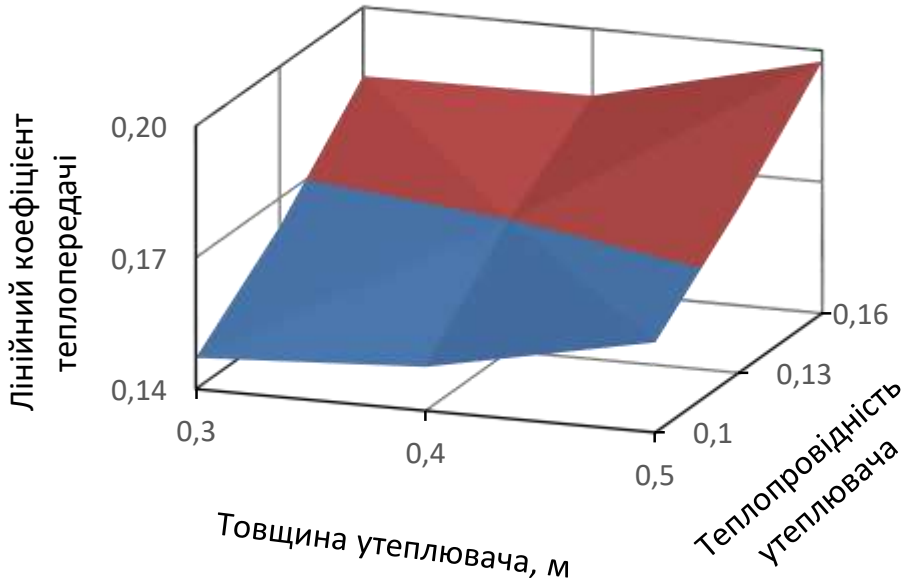


Рисунок 42 – Графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності

Для отримання формули залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від товщини і теплопровідності утеплювача перетворюємо графік поверхні на площину, використовуючи координати трьох точок поверхні.

Варіант 1.

Координати точок наведені у табл. 22.

Таблиця 22

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,1	0,14712
2	0,3	0,16	0,18432
3	0,5	0,13	0,17763

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0{,}05955\delta_{ут} + 0{,}62\lambda_{ут} + 0{,}067255$$

У табл. 23 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 23

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,14712	0,15308	0,15903
0,4	0,16572	0,17168	0,17763
0,5	0,18432	0,19028	0,19623

У табл. 24 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 24

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, $Вт/(м \cdot К)$	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,00000	-2,04320	0,94675
0,4	-1,35779	-1,08043	0,00000
0,5	0,00109	-2,96823	0,65310

Середнє розходження у відсотках становить 1 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 2,9 %

Варіант 2.

Координати точок наведені у табл. 25.

Таблиця 25

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, $Вт/(м \cdot К)$	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, $Вт/(м \cdot К)$
1	0,1	0,1	0,14712
2	0,5	0,1	0,15055
3	0,4	0,16	0,18479

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0{,}008575\delta_{ут} + 0{,}584958\lambda_{ут} + 0{,}0877667$$

У табл. 26 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 26

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,14884	0,14969	0,15055
0,4	0,16638	0,16724	0,16810
0,5	0,18393	0,18479	0,18565

У табл. 27 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 27

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	-1,16572	0,21165	6,22859
0,4	-1,76375	1,53012	5,36579
0,5	0,21133	0,00001	6,01079

Середнє розходження у відсотках становить 2,5 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,3 %

Варіант 3.

Координати точок наведені у табл. 28.

Таблиця 28

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,5	0,1	0,15055
2	0,5	0,16	0,19752
3	0,1	0,16	0,1635

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0{,}038837\delta_{ут} + 0{,}616167\lambda_{ут} + 0{,}0795146$$

У табл. 29 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 29

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,15278	0,15667	0,16055
0,4	0,17127	0,17515	0,17903
0,5	0,18975	0,19364	0,19752

У табл. 30 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 30

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	-3,84883	-4,43710	0,00012
0,4	-4,75070	-3,12713	-0,79086
0,5	-2,94616	-4,78712	0,00009

Середнє розходження у відсотках становить 2,7 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 4,8 %

Варіант 4.

Координати точок наведені у табл. 31.

Таблиця 31

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,16	0,18432
2	0,5	0,16	0,19752
3	0,4	0,1	0,15001

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = 0{,}033\delta_{ут} + 0{,}736833\lambda_{ут} + 0{,}0631267$$

У табл. 32 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 32

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,14671	0,15001	0,15331
0,4	0,16881	0,17211	0,17541
0,5	0,19092	0,19422	0,19752

У табл. 33 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 33

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,27868	0,00000	4,50950
0,4	-3,25075	-1,33949	1,24698
0,5	-3,57959	-5,10308	0,00001

Середнє розходження у відсотках становить 2,1 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 5,1 %

Мінімальні значення розходження при застосуванні формули за варіантом 1.

$$k = 0{,}05955\delta_{\text{ут}} + 0{,}62\lambda_{\text{ут}} + 0{,}067255$$

2.5. Вузол 4

Розрахункова схема вузла наведена на рис. 43.

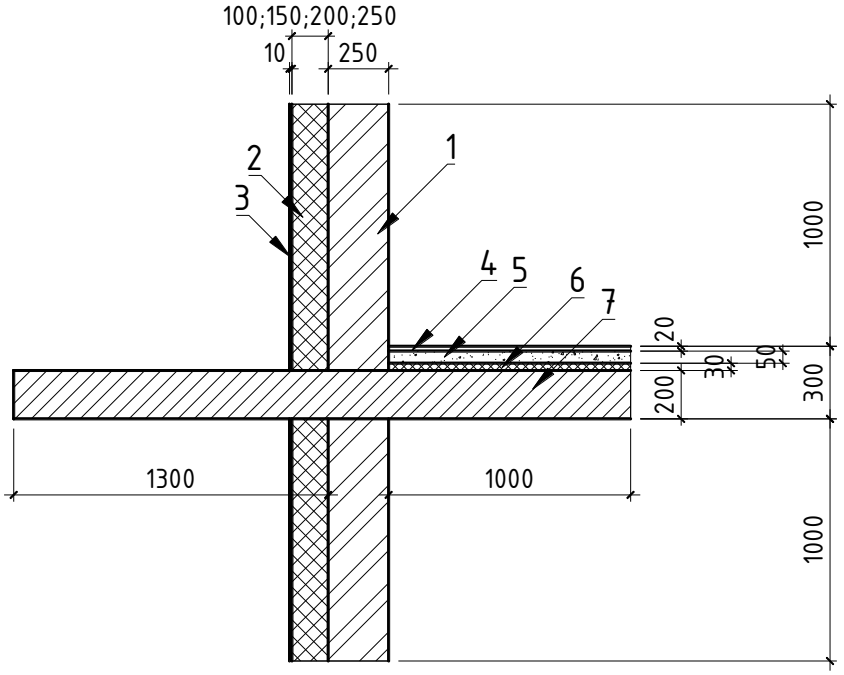


Рисунок 43 – Розрахункова схема вузла №4

Характеристики матеріалів шарів наведені у табл. 34.

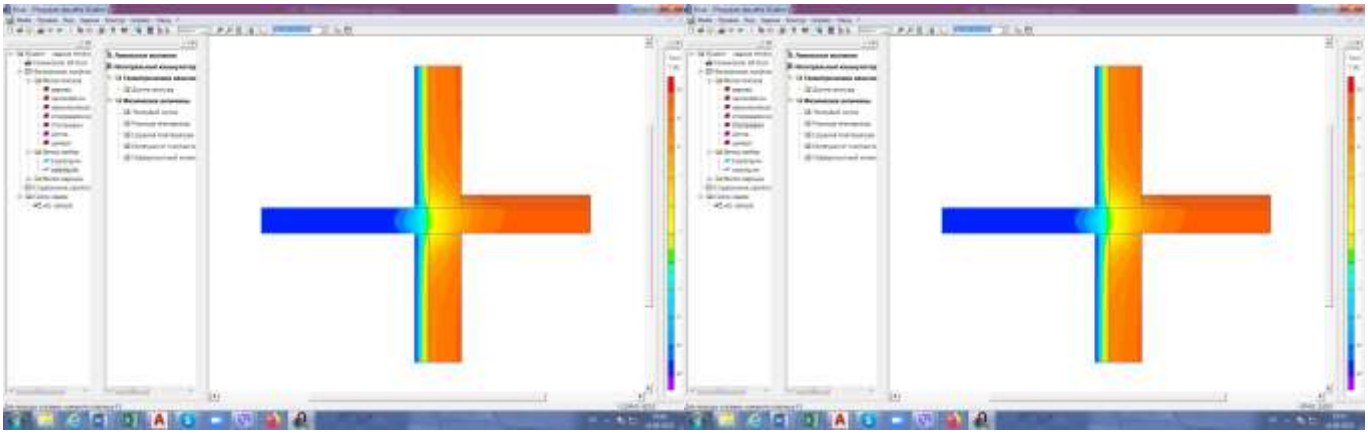
Таблиця34

Характеристики матеріалів шарів

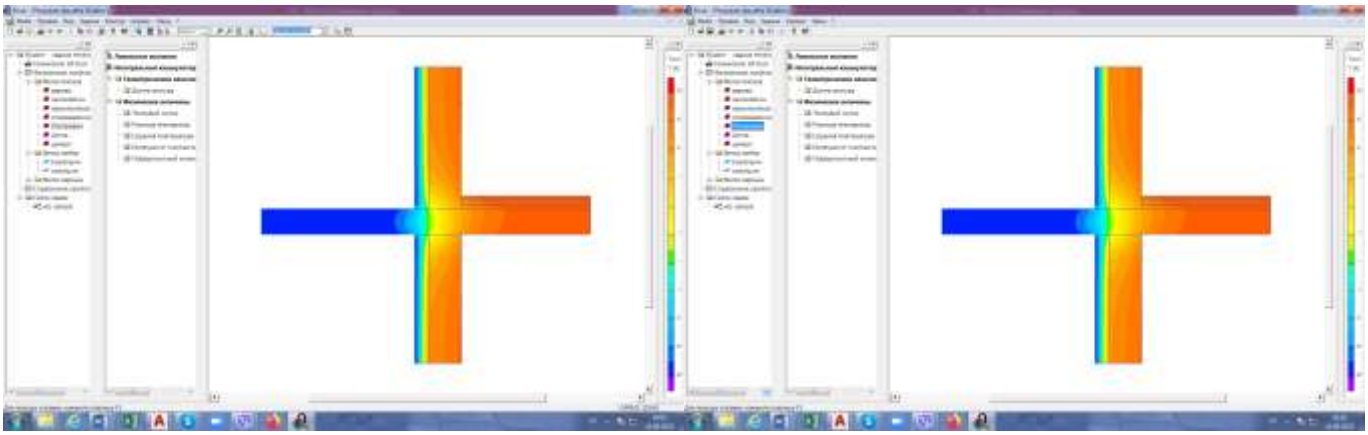
№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м³	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Цегла	1800	0,81
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев’яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
7	Залізобетон	2500	2,04

Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м наведені на рис. 44.

а) б)



в) г)



д) є)

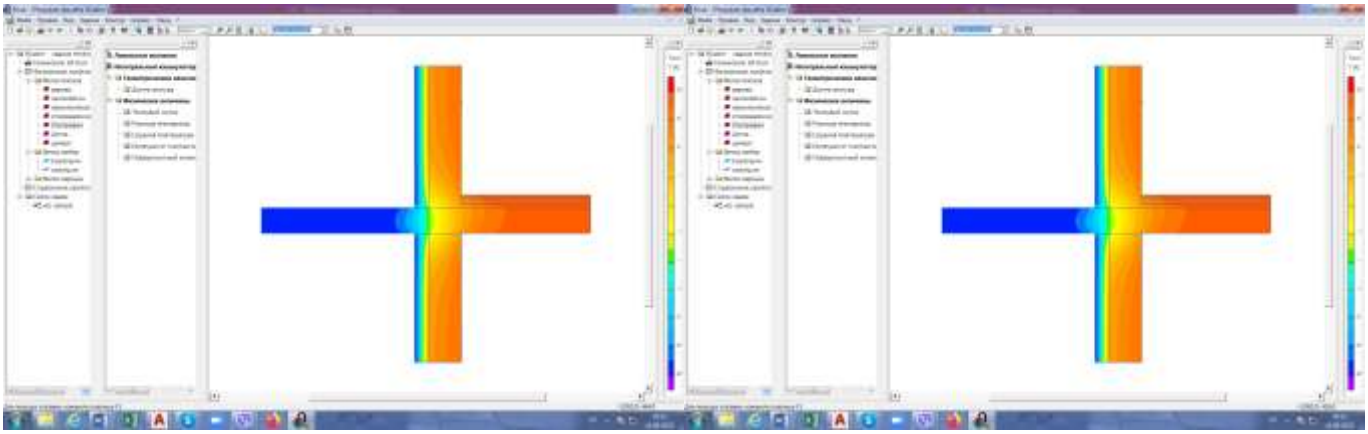


Рисунок 44 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 35.

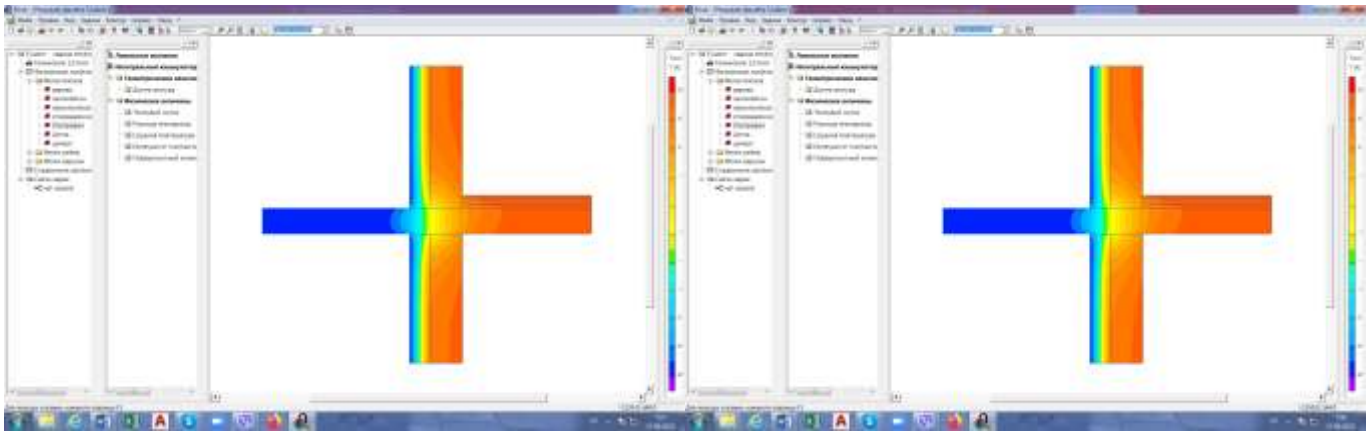
Таблиця 35

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,1 м.

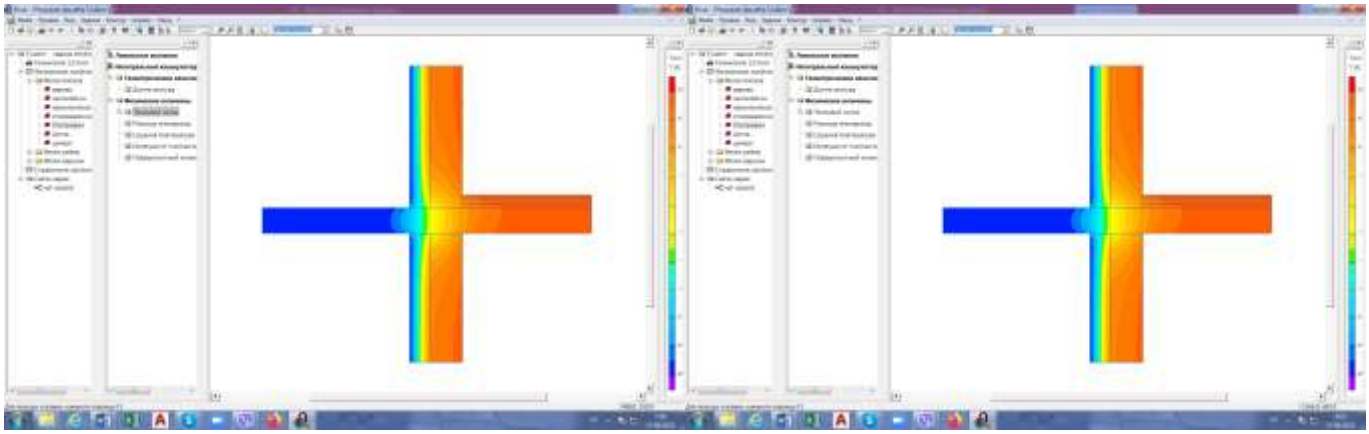
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	3,339831	2	58,81	0,299416	1,470166	0,87133
0,04	2,982688	2	61,43	0,335268	1,535866	0,86533
0,045	2,70491	2	63,94	0,369698	1,598606	0,85921
0,05	2,482688	2	66,34	0,402789	1,658579	0,85300
0,055	2,30087	2	68,65	0,434618	1,716358	0,84712
0,06	2,149354	2	70,87	0,465256	1,771845	0,84133

Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м наведені на рис. 45

а) б)



в) г)



д) є)

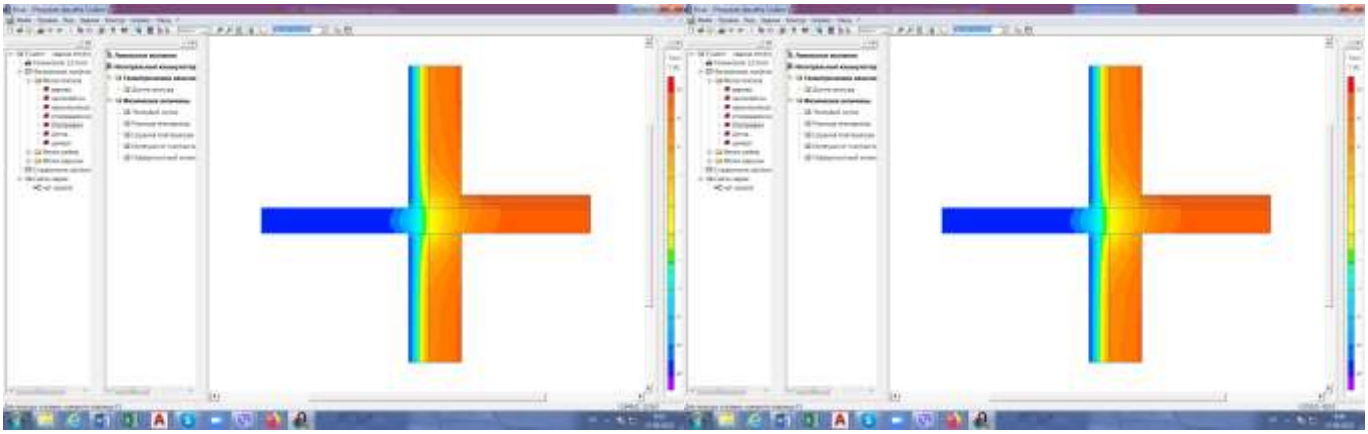


Рисунок 45 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 36.

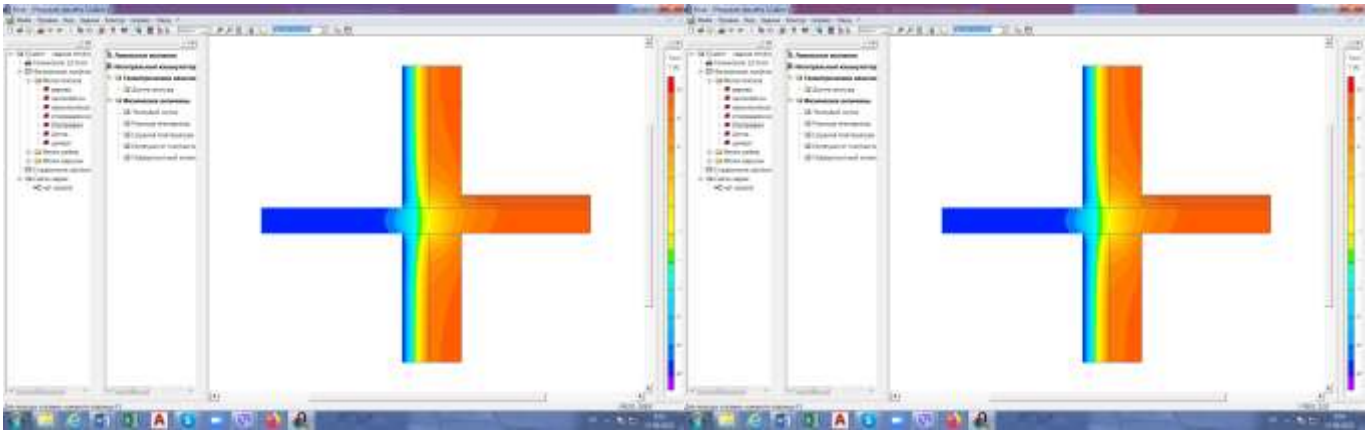
Таблиця 36

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,15 м.

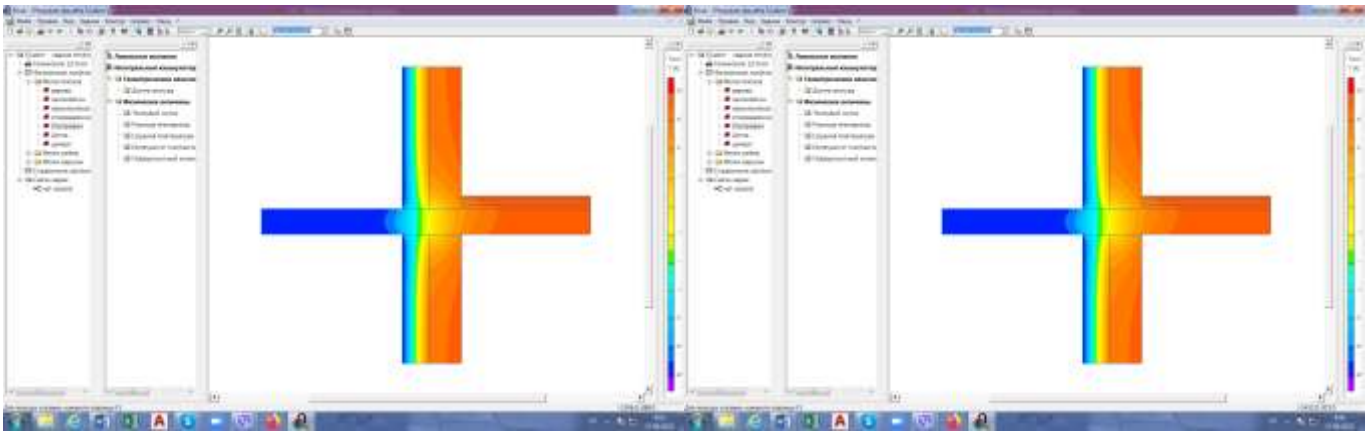
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	4,768402	2	47,62551	0,209714	1,190638	0,77121
0,04	4,232688	2	49,30132	0,236257	1,232533	0,76002
0,045	3,816021	2	51,17304	0,262053	1,279326	0,75522
0,05	3,482688	2	52,93916	0,287135	1,323479	0,74921
0,055	3,20996	2	54,64243	0,31153	1,366061	0,74300
0,06	2,982688	2	56,42145	0,335268	1,410536	0,74000

Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м наведені на рис. 46

а) б)



в) г)



д) є)

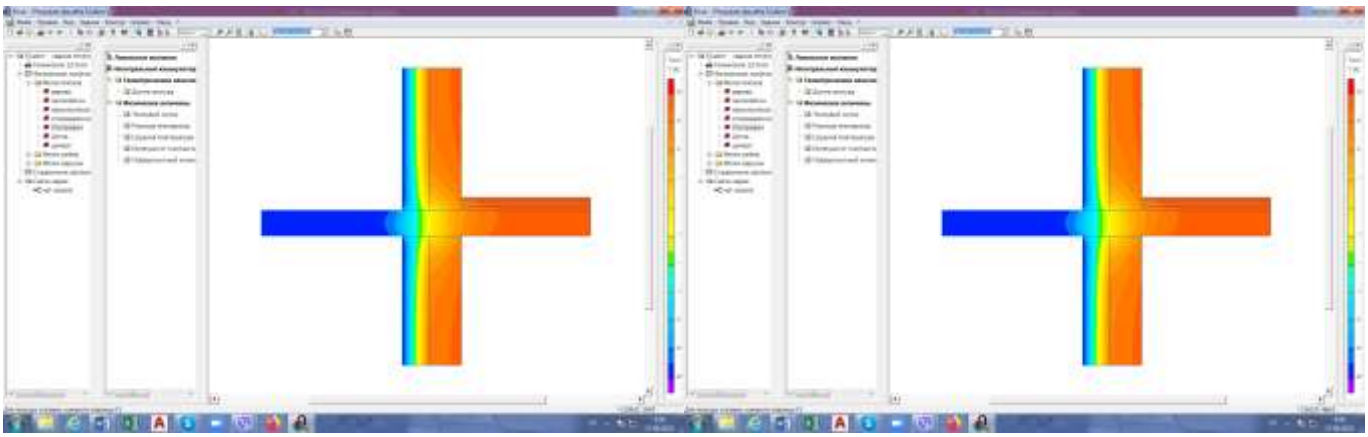


Рисунок 46 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 37.

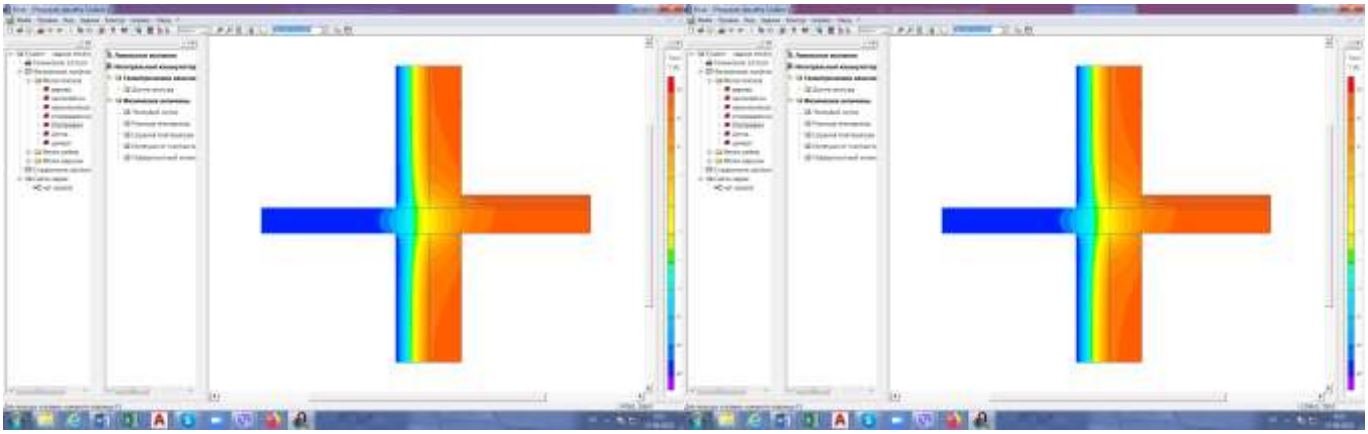
Таблиця 37

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,2 м.

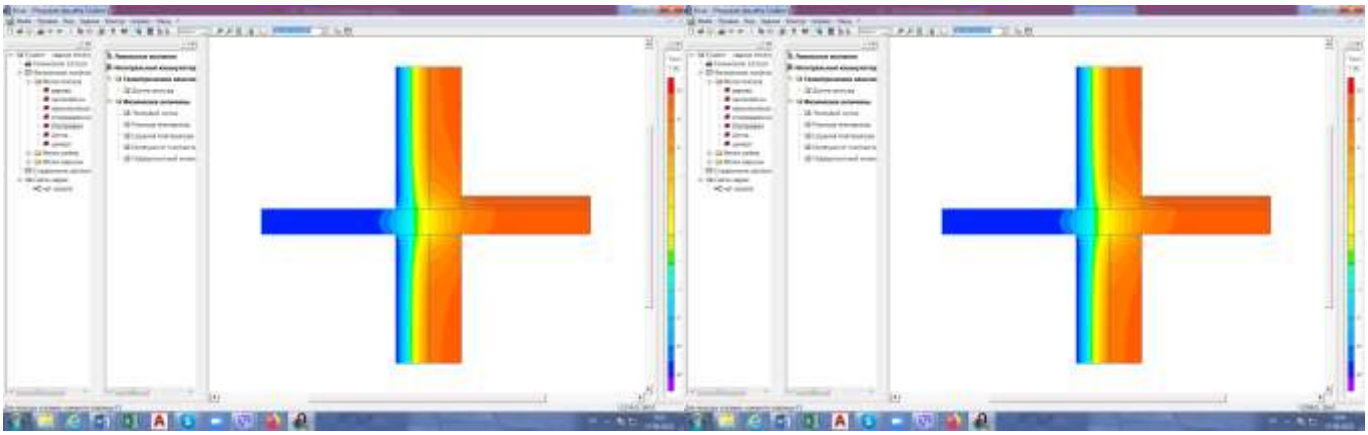
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	6,196973	2	40,91353	0,161369	1,022838	0,70010
0,04	5,482688	2	42,23978	0,182392	1,055995	0,69121
0,045	4,927132	2	43,81903	0,202958	1,095476	0,68956
0,05	4,482688	2	45,28644	0,22308	1,132161	0,68600
0,055	4,119051	2	46,73395	0,242774	1,168349	0,68280
0,06	3,816021	2	48,14944	0,262053	1,203736	0,67963

Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м наведені на рис. 47

а) б)



в) г)



д) є)

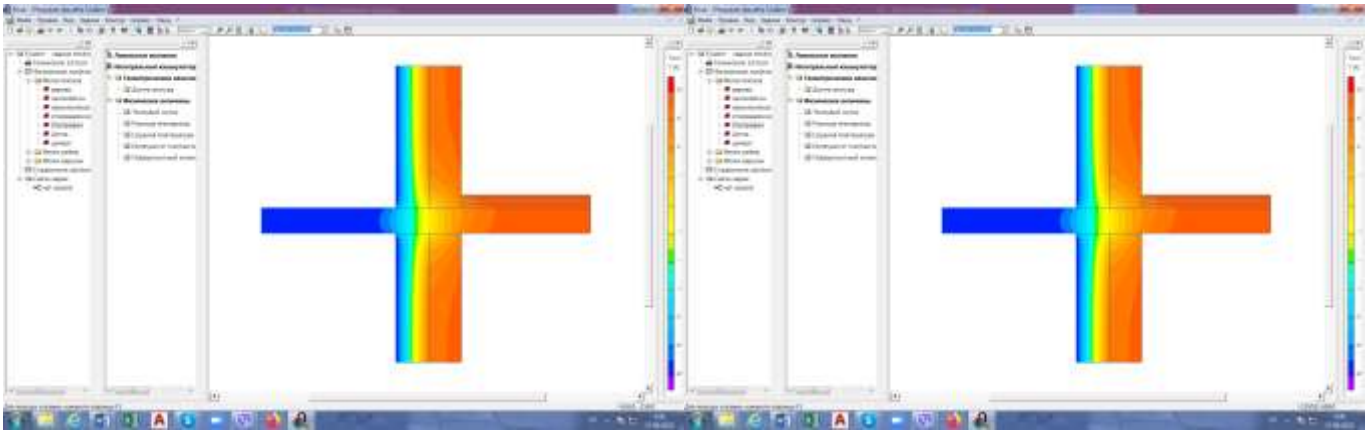


Рисунок 47 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 38.

Таблиця 38

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,25 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	7,625545	2	37,44438	0,131138	0,93611	0,67383
0,04	6,732688	2	38,56713	0,148529	0,964178	0,66712
0,045	6,038243	2	39,59529	0,165611	0,989882	0,65866
0,05	5,482688	2	40,63138	0,182392	1,015785	0,65100
0,055	5,028142	2	41,72685	0,198881	1,043171	0,64541
0,06	4,649354	2	42,96002	0,215084	1,074	0,64383

На рис. 48 наведений графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності.

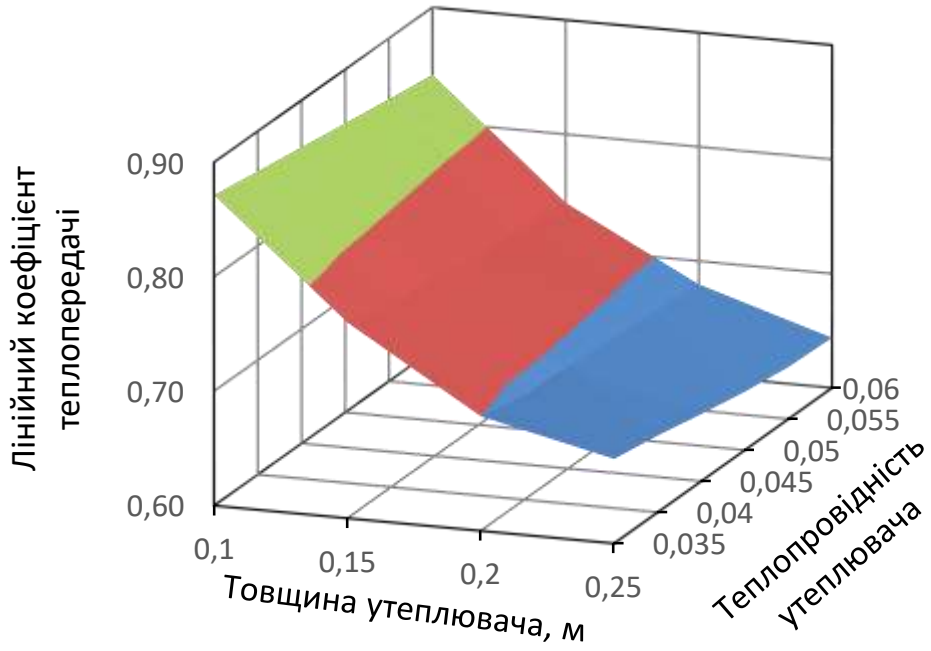


Рисунок 49 – Графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності

Для отримання формули залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від товщини і теплопровідності утеплювача перетворюємо графік поверхні на площину, використовуючи координати трьох точок поверхні.

Варіант 1.

Координати точок наведені у табл. 39.

Таблиця 39

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,87133
2	0,1	0,06	0,84133
3	0,25	0,045	0,65866

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}3378\delta_{\text{ут}} - 1{,}2\lambda_{\text{ут}} + 1{,}04711$$

У табл. 40 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 40

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87133	0,80444	0,73755	0,67066
0,04	0,86533	0,79844	0,73155	0,66466
0,045	0,85933	0,79244	0,72555	0,65866
0,05	0,85333	0,78644	0,71955	0,65266
0,055	0,84733	0,78044	0,71355	0,64666
0,06	0,84133	0,77444	0,70755	0,64066

У табл. 41 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 41

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00038	-4,30881	-5,34924	0,47093
0,04	0,00000	-5,05513	-5,83614	0,36875
0,045	-0,01397	-4,92837	-5,21927	0,00000
0,05	-0,03869	-4,96923	-4,89067	-0,25499
0,055	-0,02467	-5,03903	-4,50351	-0,19368
0,06	0,00039	-4,65405	-4,10812	0,49287

Середнє розходження у відсотках становить 2,5 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 5,8 %

Варіант 2.

Координати точок наведені у табл. 42.

Таблиця 42

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,87133
2	0,25	0,035	0,67383
3	0,15	0,06	0,74

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}316667\delta_{ут} - 2{,}619867\lambda_{ут} + 1{,}094692$$

У табл. 43 наведені значення лінійних коефіцієнтів визначених за формулою

Таблиця 43

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87133	0,80550	0,73966	0,67383
0,04	0,85823	0,79240	0,72656	0,66073
0,045	0,84513	0,77930	0,71346	0,64763
0,05	0,83203	0,76620	0,70037	0,63453
0,055	0,81893	0,75310	0,68727	0,62143
0,06	0,80583	0,74000	0,67417	0,60833

У табл. 44 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 44

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00038	-4,44582	-5,65109	0,00050
0,04	0,82042	-4,26005	-5,11479	0,95776
0,045	1,63857	-3,18820	-3,46664	1,67442
0,05	2,45815	-2,26754	-2,09406	2,52966
0,055	3,32755	-1,35926	-0,65406	3,71507
0,06	4,21950	0,00001	0,80388	5,51385

Середнє розходження у відсотках становить 2,5 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 5,7 %

Варіант 3.

Координати точок наведені у табл. 45.

Таблиця 45

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,67383
2	0,25	0,06	0,64383
3	0,1	0,045	0,85921

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}315867\delta_{\text{ут}} - 1{,}2\lambda_{\text{ут}} + 1{,}0447967$$

У табл. 46 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 46

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87121	0,80542	0,73962	0,67383
0,04	0,86521	0,79942	0,73362	0,66783
0,045	0,85921	0,79342	0,72762	0,66183
0,05	0,85321	0,78742	0,72162	0,65583
0,055	0,84721	0,78142	0,71562	0,64983
0,06	0,84121	0,77542	0,70962	0,64383

У табл. 47 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 47

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,01415	-4,43545	-5,64538	0,00049
0,04	0,01387	-5,18363	-6,13609	-0,10642
0,045	0,00000	-5,05769	-5,51994	-0,48127

0,05	-0,02462	-5,09959	-5,19290	-0,74193
0,055	-0,01051	-5,17048	-4,80716	-0,68483
0,06	0,01466	-4,78603	-4,41318	0,00051

Середнє розходження у відсотках становить 2,6 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,1 %

Варіант 4.

Координати точок наведені у табл. 48.

Таблиця 48

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,84133
2	0,25	0,06	0,64383
3	0,15	0,035	0,77121

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}316667\delta_{ут} + 0{,}171467\lambda_{ут} + 0{,}9627087$$

У табл. 49 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 49

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25

0,035	0,83704	0,77121	0,70538	0,63954
0,04	0,83790	0,77207	0,70623	0,64040
0,045	0,83876	0,77292	0,70709	0,64126
0,05	0,83962	0,77378	0,70795	0,64212
0,055	0,84047	0,77464	0,70881	0,64297
0,06	0,84133	0,77550	0,70966	0,64383

У табл. 50 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 50

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, $Вт/(м \cdot К)$	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,93534	0,00000	-0,75370	5,08879
0,04	3,16981	-1,58513	-2,17358	4,00518
0,045	2,38032	-2,34431	-2,54239	2,64204
0,05	1,56913	-3,27972	-3,19951	1,36478
0,055	0,78481	-4,25832	-3,80873	0,37765
0,06	0,00039	-4,79685	-4,41907	0,00051

Середнє розходження у відсотках становить 2,4 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 5,1 %

Мінімальні значення розходження при застосуванні формули за варіантом 4.

$$k = -1{,}316667\delta_{ут} + 0{,}171467\lambda_{ут} + 0{,}9627087$$

2.6. Вузол 5

Розрахункова схема вузла наведена на рис. 50.

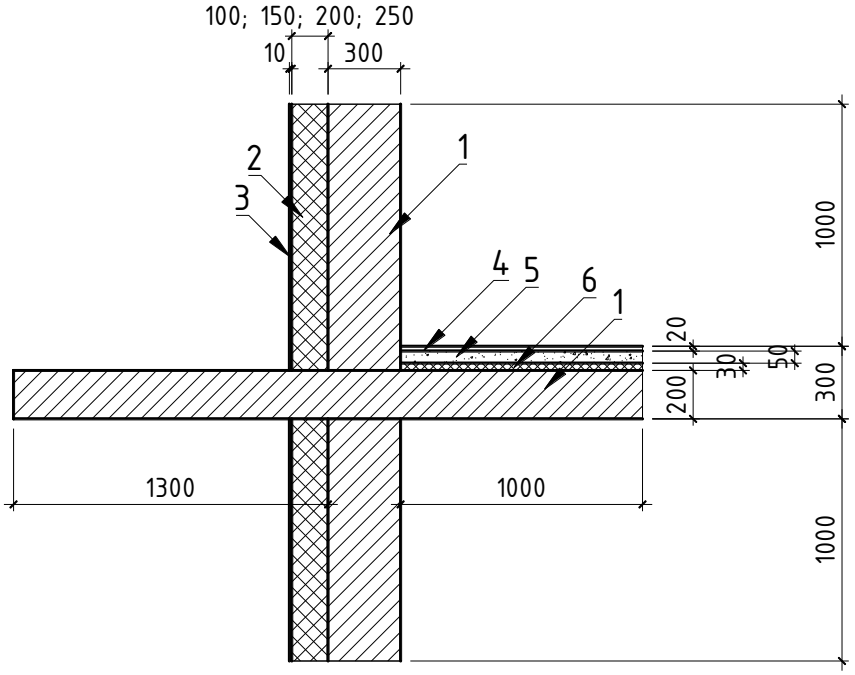


Рисунок 50 – Розрахункова схема вузла №5

Характеристики матеріалів шарів наведені у табл. 51.

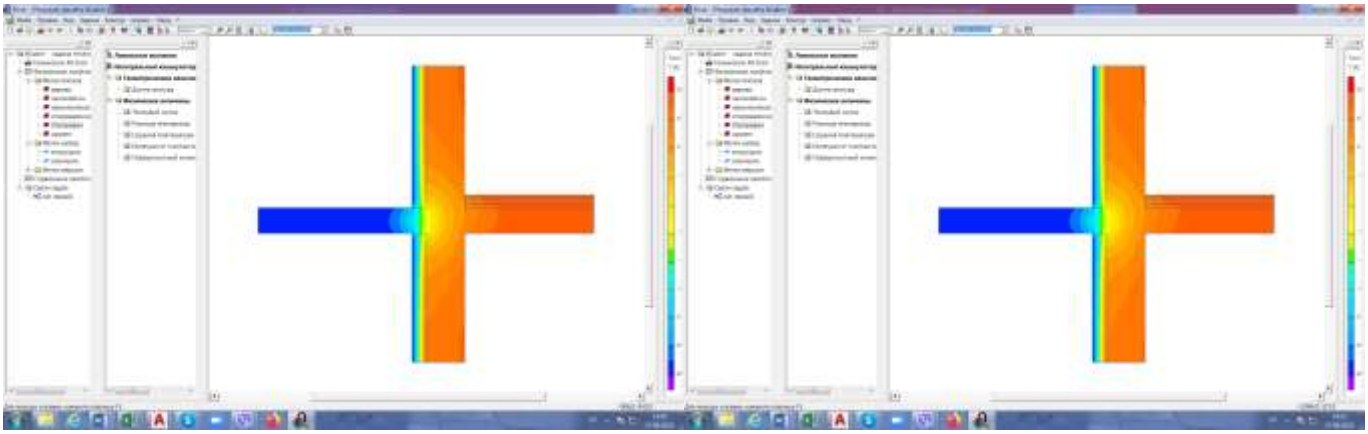
Таблиця51

Характеристики матеріалів шарів

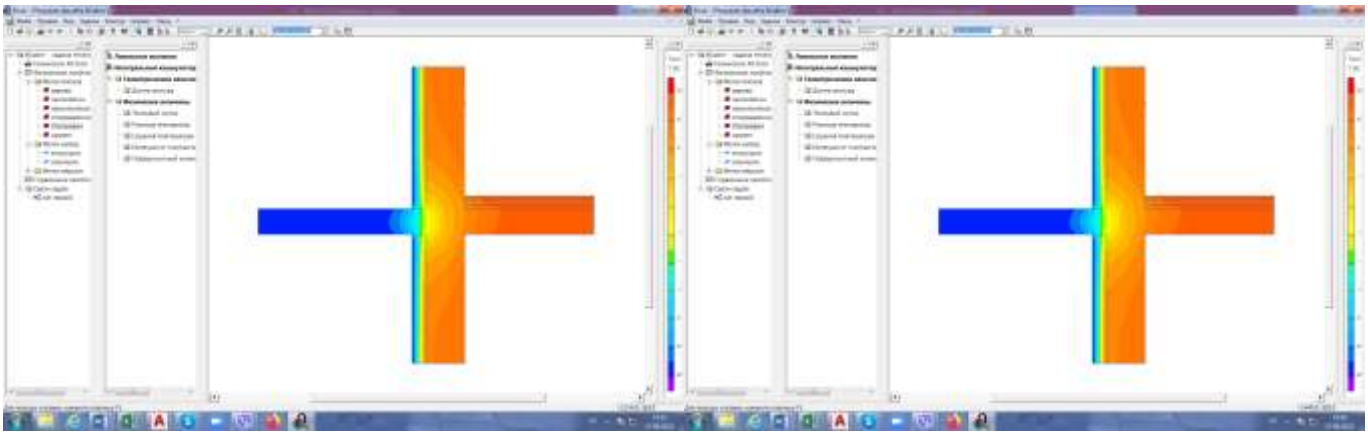
№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м³	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Залізобетон	2500	2,04
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев’яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048

Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м наведені на рис. 51.

а) б)



в) г)



д) є)

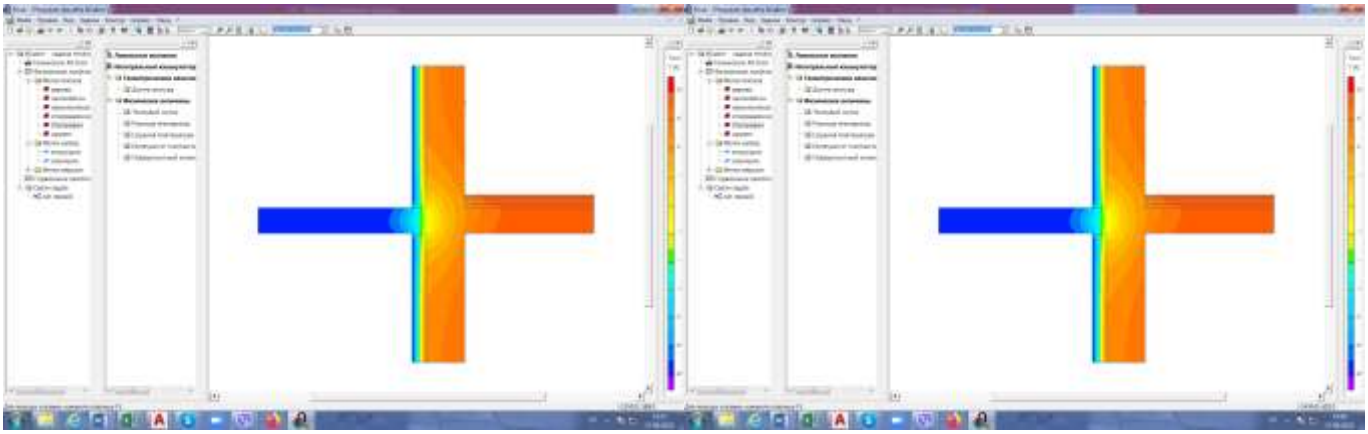


Рисунок 51 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,1 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 52.

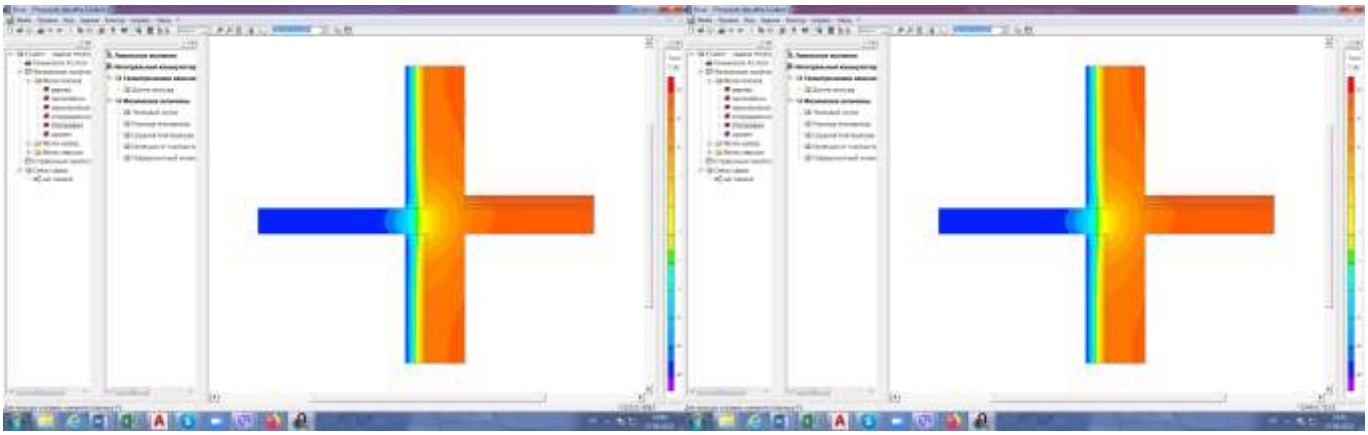
Таблиця 52

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,1 м.

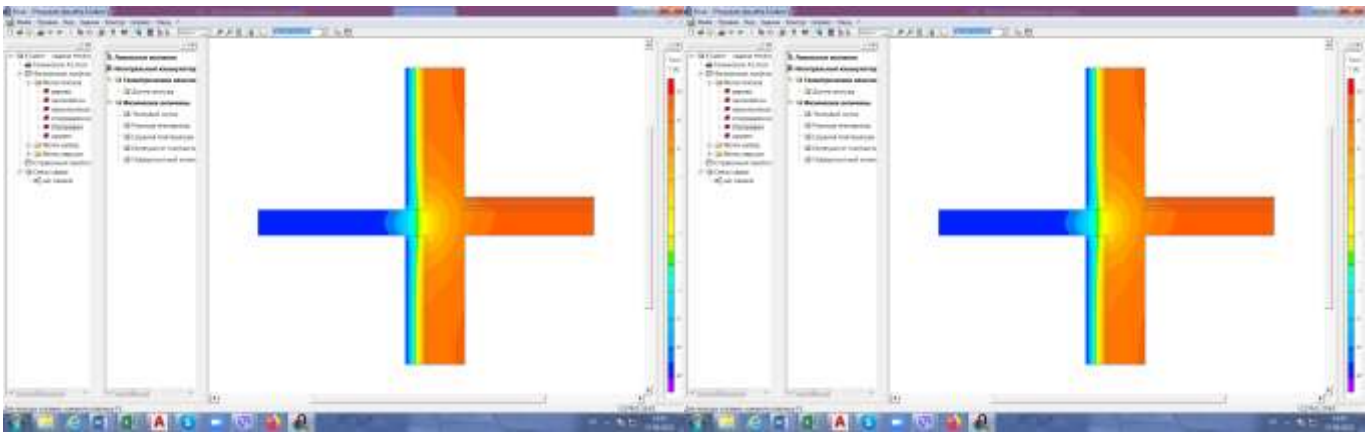
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	3,178247	2	65,93590	0,314639	1,648398	1,01912
0,04	2,821105	2	68,42169	0,354471	1,710542	1,00160
0,045	2,543327	2	70,65326	0,393186	1,766332	0,97996
0,05	2,321105	2	72,95435	0,430829	1,823859	0,96220
0,055	2,139286	2	75,48565	0,467446	1,887141	0,95225
0,06	1,987771	2	78,16168	0,503076	1,954042	0,94789

Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м наведені на рис. 52

а) б)



в) г)



д) є)

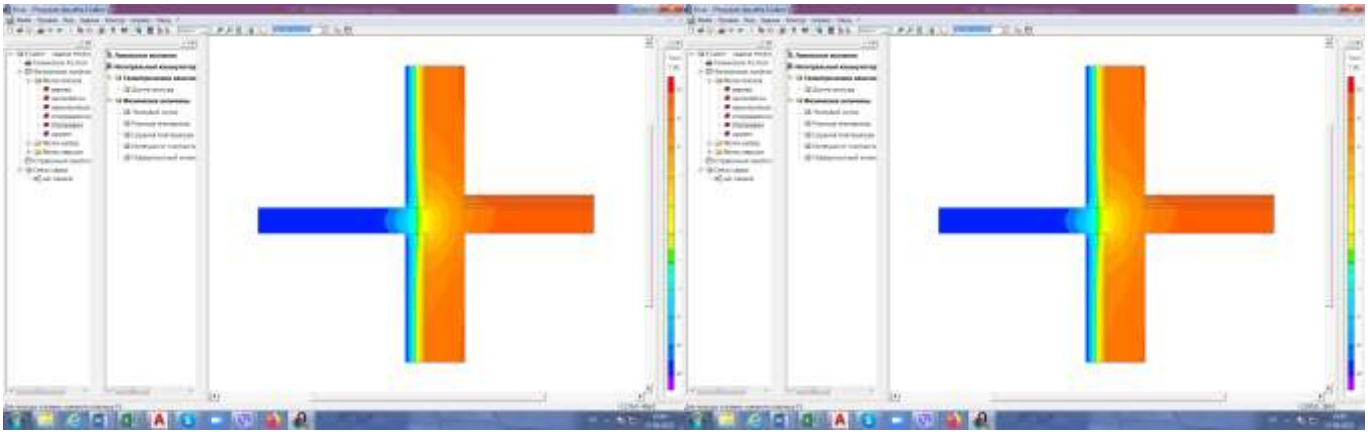


Рисунок 52 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,15 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 53.

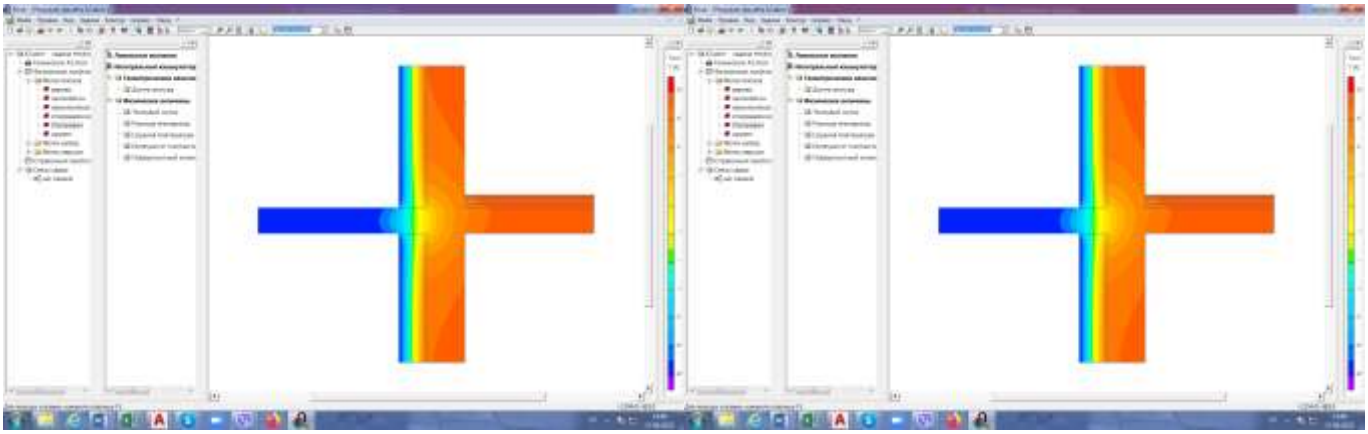
Таблиця 53

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,15 м.

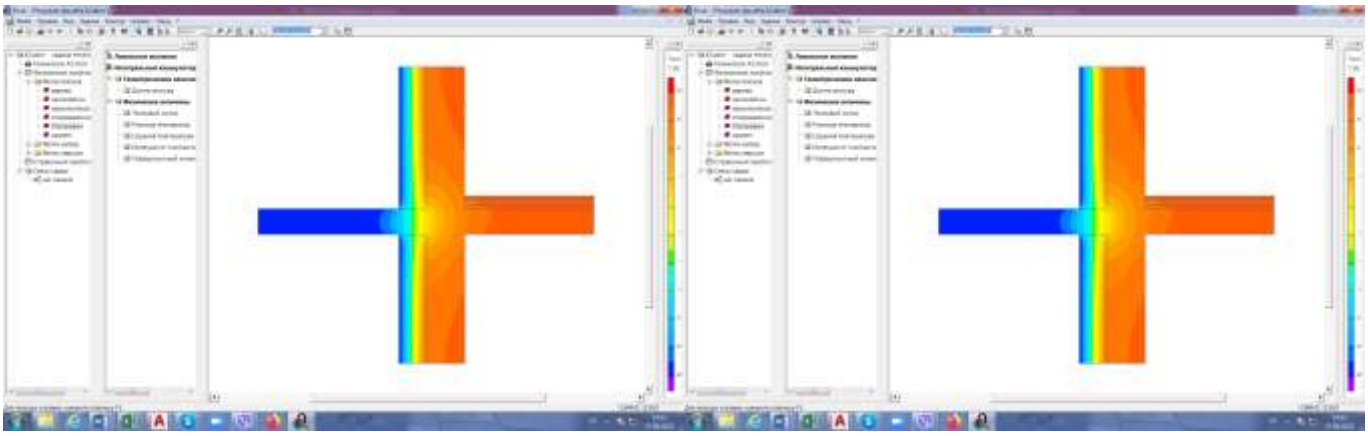
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	4,606819	2	53,70156	0,21707	1,342539	0,90840
0,04	4,071105	2	54,92629	0,245634	1,373157	0,88189
0,045	3,654438	2	56,33039	0,27364	1,40826	0,86098
0,05	3,321105	2	58,15917	0,301105	1,453979	0,85177
0,055	3,048377	2	59,93507	0,328043	1,498377	0,84229
0,06	2,821105	2	60,81529	0,354471	1,520382	0,81144

Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м наведені на рис. 53

а) б)



в) г)



д) є)

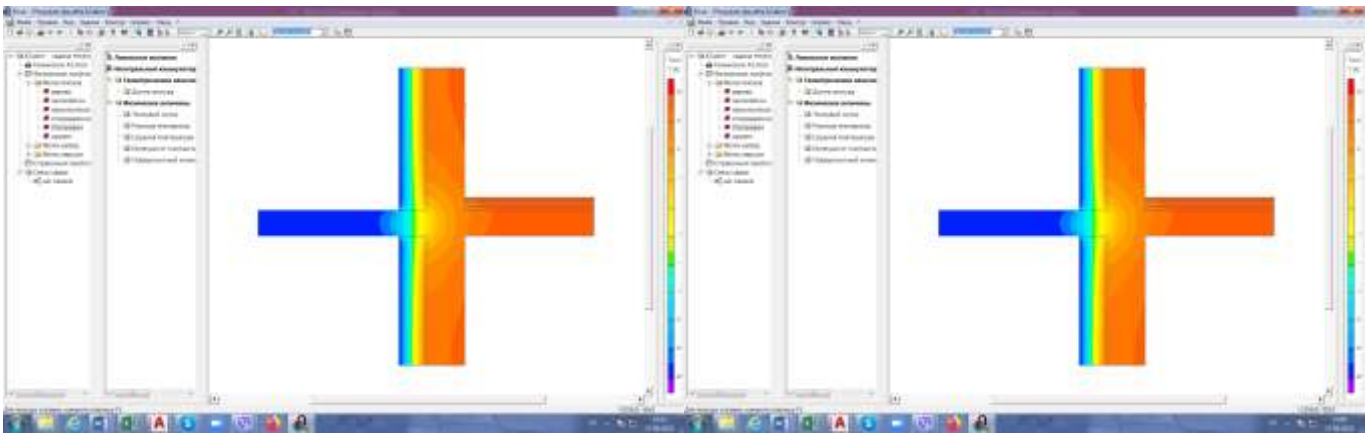


Рисунок 53 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,2 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 54.

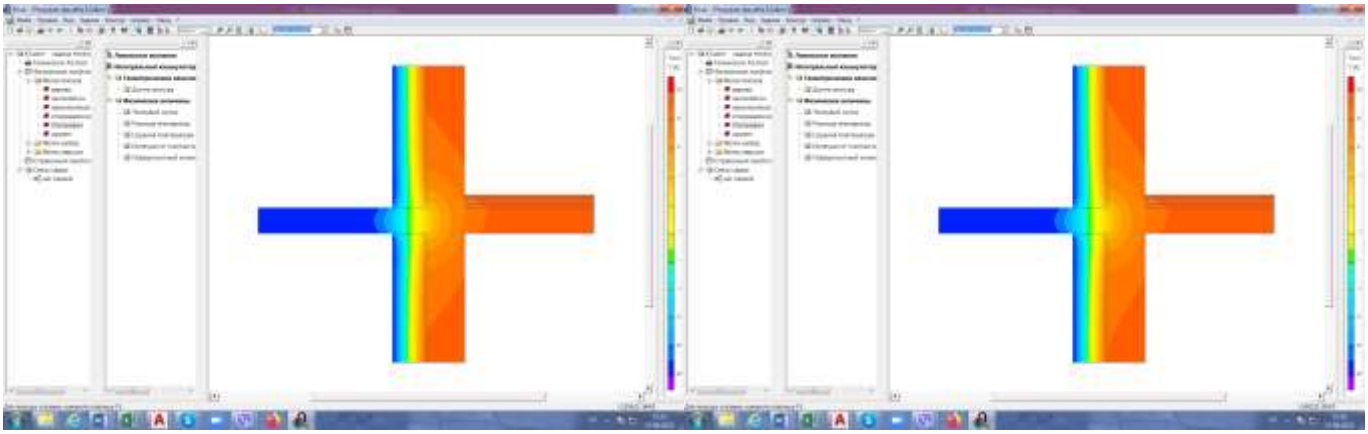
Таблиця 54

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,2 м.

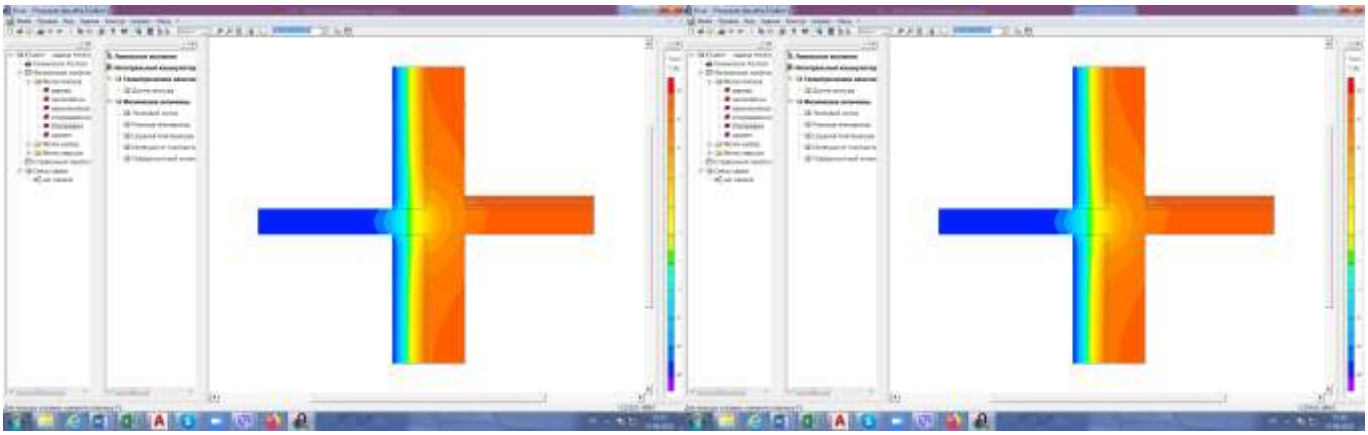
λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	6,03539	2	46,01515	0,165689	1,150379	0,81900
0,04	5,321105	2	47,41847	0,187931	1,185462	0,80960
0,045	4,765549	2	48,72515	0,209839	1,218129	0,79845
0,05	4,321105	2	49,88298	0,231422	1,247075	0,78423
0,055	3,957468	2	50,96694	0,252687	1,274174	0,76880
0,06	3,654438	2	52,35919	0,27364	1,30898	0,76170

Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м наведені на рис. 54

а) б)



в) г)



д) є)

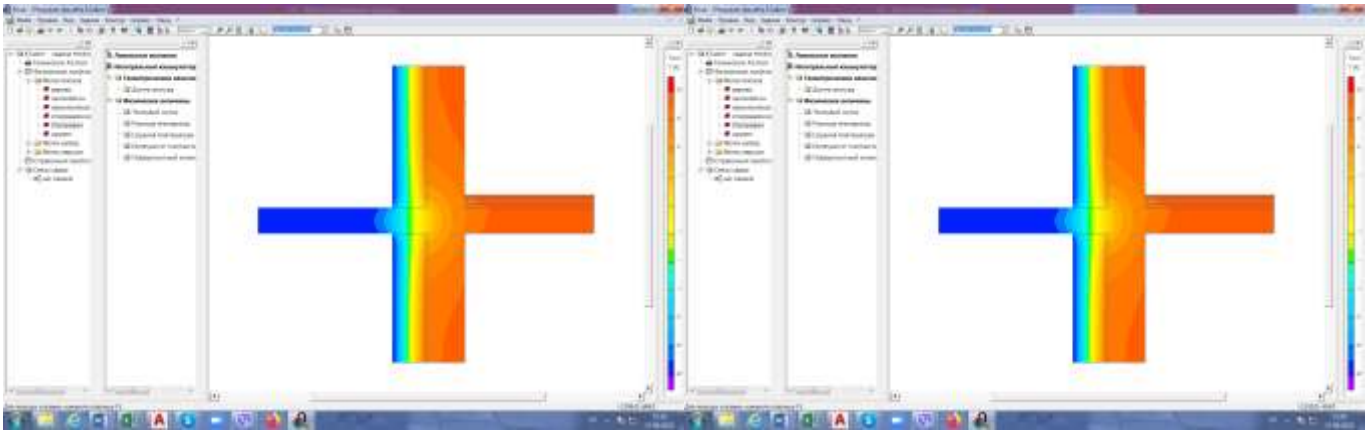


Рисунок 54 – Температурні поля при товщині утеплювача 0,25 м та його теплопровідності: а) 0,035 Вт/(м · К), б) 0,04 Вт/(м · К), в) 0,045 Вт/(м · К), г) 0,05 Вт/(м · К), д) 0,055 Вт/(м · К), є) 0,06 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 55.

Таблиця 55

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині утеплювача 0,25 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,035	7,463962	2	40,97817	0,133977	1,024454	0,75650
0,04	6,571105	2	41,85891	0,152181	1,046473	0,74211
0,045	5,87666	2	42,77317	0,170165	1,069329	0,72900
0,05	5,321105	2	44,14647	0,187931	1,103662	0,72780
0,055	4,866559	2	44,83872	0,205484	1,120968	0,71000
0,06	4,487771	2	45,87022	0,222828	1,146756	0,70110

На рис. 55 наведений графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності.

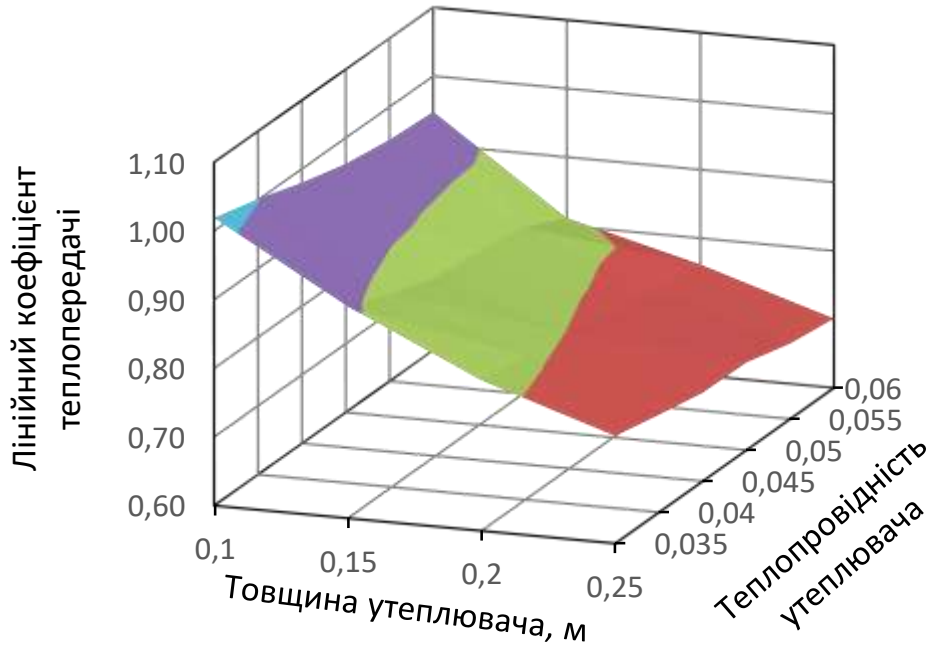


Рисунок 55 – Графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності

Для отримання формули залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від товщини і теплопровідності утеплювача перетворюємо графік поверхні на площину, використовуючи координати трьох точок поверхні.

Варіант 1.

Координати точок наведені у табл. 56.

Таблиця 56

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	1,01912
2	0,1	0,06	0,94789
3	0,25	0,045	0,729

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}744187\delta_{\text{ут}} - 2{,}8492\lambda_{\text{ут}} + 1{,}2932607$$

У табл. 57 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 57

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,01912	0,93191	0,84470	0,75749
0,04	1,00487	0,91766	0,83046	0,74325
0,045	0,99063	0,90342	0,81621	0,72900
0,05	0,97638	0,88917	0,80196	0,71475
0,055	0,96214	0,87493	0,78772	0,70051
0,06	0,94789	0,86068	0,77347	0,68626

У табл. 58 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 58

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00000	-2,58814	-3,13813	-0,13112
0,04	-0,32688	-4,05659	-2,57600	-0,15307
0,045	-1,08862	-4,92911	-2,22422	0,00001
0,05	-1,47391	-4,39117	-2,26124	1,79253
0,055	-1,03817	-3,87475	-2,46063	1,33691
0,06	0,00000	-6,06830	-1,54540	2,11640

Середнє розходження у відсотках становить 2,1 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,1 %

Варіант 2.

Координати точок наведені у табл. 59.

Таблиця 59

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	1,01912
2	0,25	0,035	0,7565
3	0,15	0,06	0,81144

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}7508\delta_{ут} - 4{,}8056\lambda_{ут} + 1{,}362396$$

У табл. 60 наведені значення лінійних коефіцієнтів визначених за формулою

Таблиця 60

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,01912	0,93158	0,84404	0,75650
0,04	0,99509	0,90755	0,82001	0,73247
0,045	0,97106	0,88352	0,79598	0,70844
0,05	0,94704	0,85950	0,77196	0,68442
0,055	0,92301	0,83547	0,74793	0,66039
0,06	0,89898	0,81144	0,72390	0,63636

У табл. 61 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 61

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00000	-2,55174	-3,05739	0,00000
0,04	0,64976	-2,90989	-1,28607	1,29873
0,045	0,90779	-2,61841	0,30885	2,81975
0,05	1,57597	-0,90705	1,56510	5,96098
0,055	3,07083	0,80993	2,71488	6,98761
0,06	5,15988	0,00000	4,96258	9,23406

Середнє розходження у відсотках становить 2,6 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 9,2 %

Варіант 3.

Координати точок наведені у табл. 62.

Таблиця 62

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,7565
2	0,25	0,06	0,7011
3	0,1	0,045	0,97996

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}637467\delta_{\text{ут}} - 2{,}216\lambda_{\text{ут}} + 1{,}2434267$$

У табл. 63 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 63

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,00212	0,92025	0,83837	0,75650
0,04	0,99104	0,90917	0,82729	0,74542
0,045	0,97996	0,89809	0,81621	0,73434
0,05	0,96888	0,88701	0,80513	0,72326
0,055	0,95780	0,87593	0,79405	0,71218
0,06	0,94672	0,86485	0,78297	0,70110

У табл. 64 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 64

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,66811	-1,30412	-2,36548	0,00001
0,04	1,05431	-3,09298	-2,18544	-0,44602
0,045	0,00000	-4,30982	-2,22472	-0,73250

0,05	-0,69424	-4,13687	-2,66546	0,62380
0,055	-0,58283	-3,99348	-3,28477	-0,30704
0,06	0,12343	-6,58171	-2,79287	0,00001

Середнє розходження у відсотках становить 1,9 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,6 %

Варіант 4.

Координати точок наведені у табл. 65.

Таблиця 65

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,94789
2	0,25	0,06	0,7011
3	0,15	0,035	0,9084

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -1{,}645267\delta_{ут} + 1{,}710933\lambda_{ут} + 1{,}2150727$$

У табл. 66 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 66

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,99066	0,90840	0,82614	0,74387

0,04	0,98211	0,89985	0,81758	0,73532
0,045	0,97355	0,89129	0,80903	0,72676
0,05	0,96500	0,88274	0,80047	0,71821
0,055	0,95644	0,87418	0,79192	0,70965
0,06	0,94789	0,86563	0,78336	0,70110

У табл. 67 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 67

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, $Вт/(м \cdot К)$	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	2,79228	0,00000	-0,87139	1,66910
0,04	1,94602	-2,03601	-0,98592	0,91514
0,045	0,65370	-3,52048	-1,32473	0,30673
0,05	-0,29093	-3,63549	-2,07116	1,31777
0,055	-0,44050	-3,78627	-3,00702	0,04864
0,06	0,00000	-6,67784	-2,84408	0,00000

Середнє розходження у відсотках становить 1,7 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,7 %

Мінімальні значення розходження при застосуванні формули за варіантом 4.

$$k = -1{,}645267\delta_{\text{ут}} - 1{,}710933\lambda_{\text{ут}} + 1{,}2150727$$

2.7. Вузол 6

Розрахункова схема вузла наведена на рис. 56.

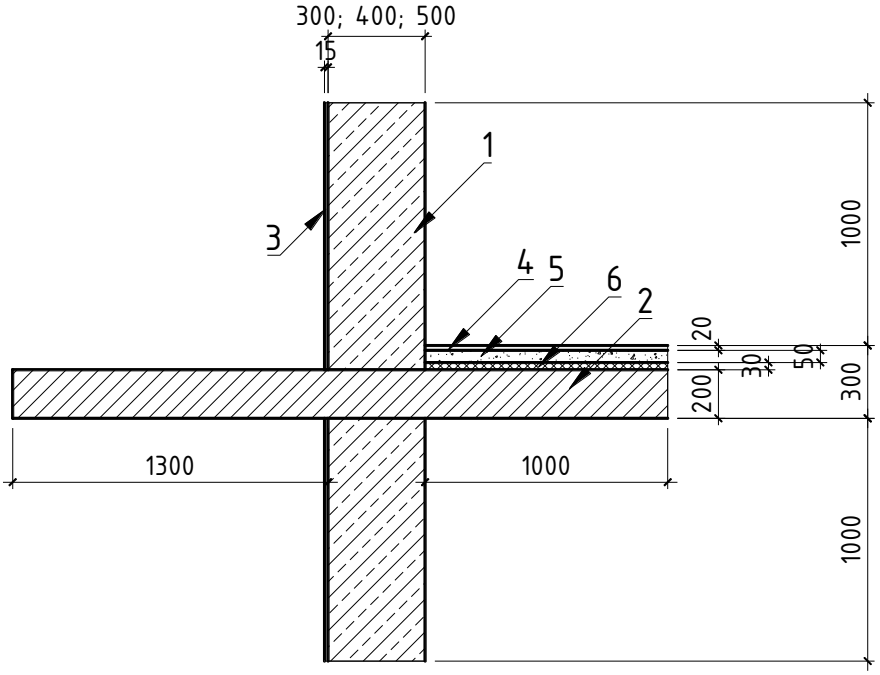


Рисунок 56 – Розрахункова схема вузла № 6

Характеристики матеріалів шарів наведені у табл. 68.

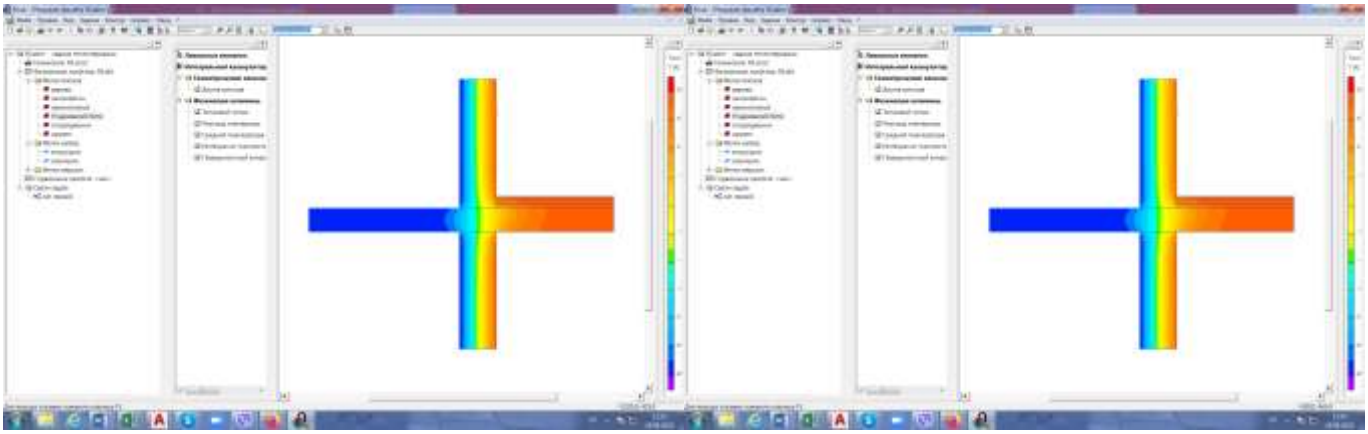
Таблиця 68

Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м³	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Кладка з ніздрюватого бетону	Марка бетону D300; D400; D500	0,1; 0,13; 0,16
2	Залізобетон	2500	2,04
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев’яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048

Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,3 м наведені на рис. 57.

а) б)



в)

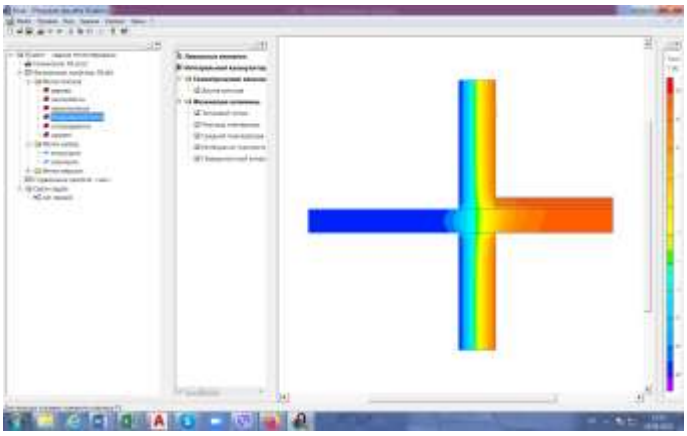


Рисунок 57 – Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,3 м та його теплопровідності: а) 0,01 Вт/(м · К), б) 0,13 Вт/(м · К), в) 0,16 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 69.

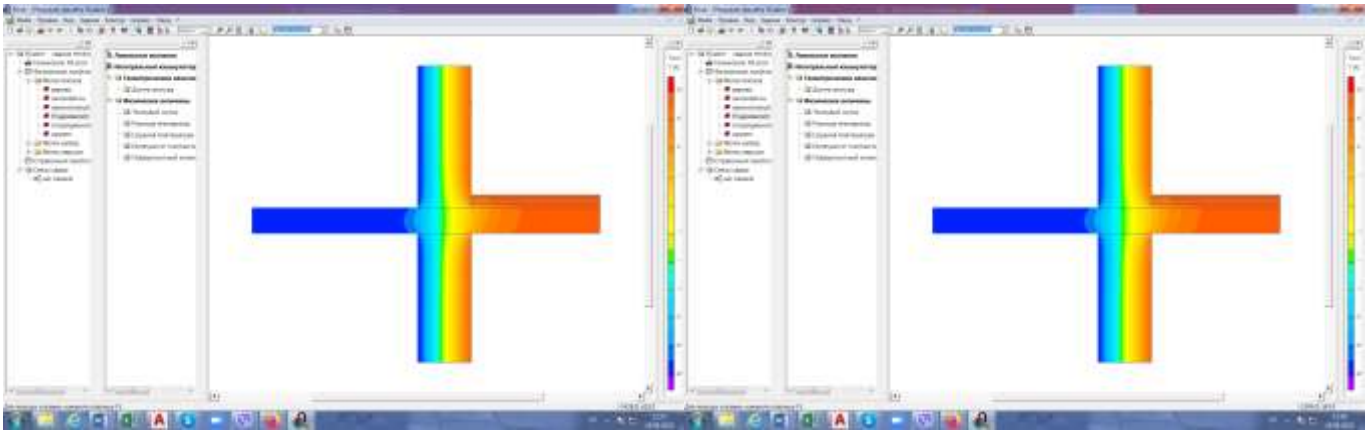
Таблиця 69

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині ніздрюватого бетону 0,3 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,1	3,181858	2	52,74294	0,314282	1,318574	0,69001
0,13	2,489551	2	60,98871	0,401679	1,524718	0,72136
0,16	2,056858	2	69,14267	0,486178	1,728567	0,75621

Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,4 м наведені на рис. 58

а) б)



в)

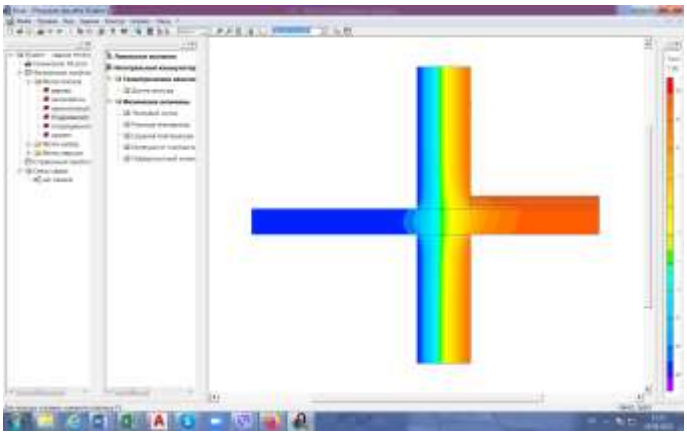


Рисунок 58 – Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,4 м та його теплопровідності: а) 0,01 Вт/(м · К), б) 0,13 Вт/(м · К), в) 0,16 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 70.

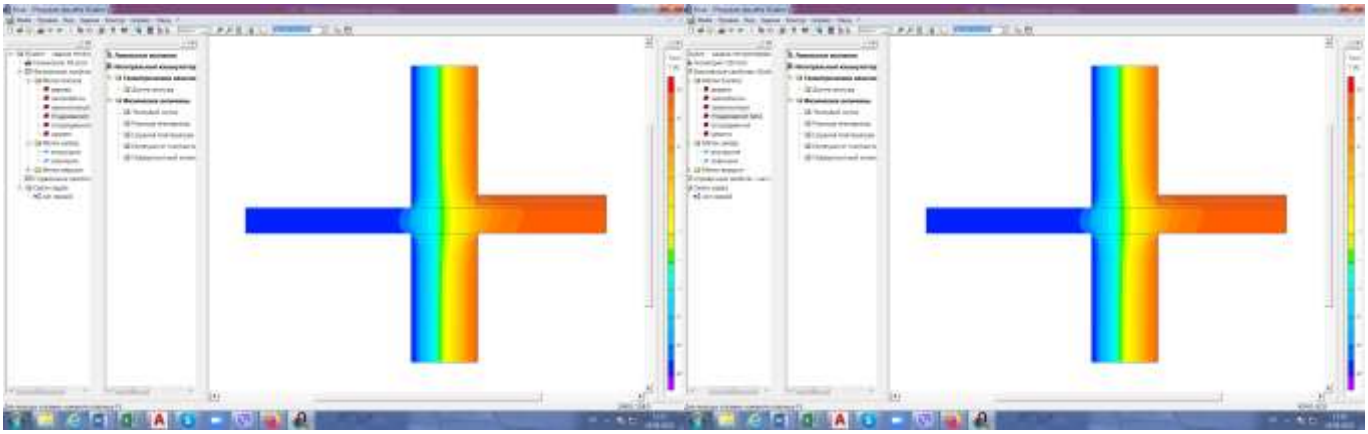
Таблиця 70

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині ніздрюватого бетону 0,4 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,1	4,181858	2	42,36625	0,239128	1,059156	0,58090
0,13	3,258781	2	48,78865	0,306863	1,219716	0,60599
0,16	2,681858	2	54,81326	0,372876	1,370332	0,62458

Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,5 м наведені на рис. 59.

а) б)



в)

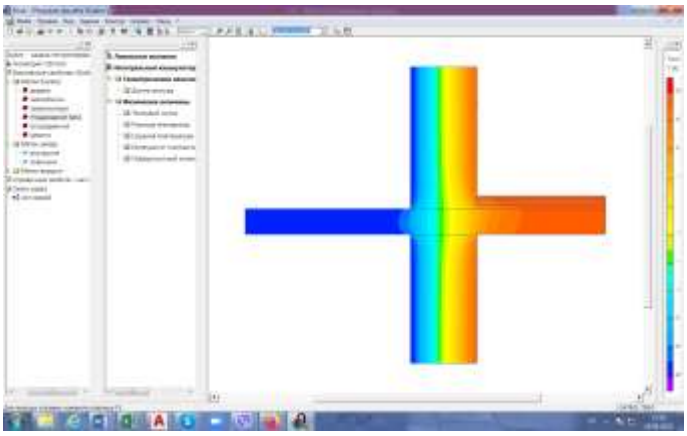


Рисунок 59 – Температурні поля при товщині ніздрюватого бетону 0,5 м та його теплопровідності: а) 0,01 Вт/(м · К), б) 0,13 Вт/(м · К), в) 0,16 Вт/(м · К)

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі наведені у табл. 71.

Таблиця 71

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі при товщині ніздрюватого бетону 0,5 м.

λ_{ip}, Вт/(м · К)	R_{Σ}, м^2 · К/Вт	l, м	$Q_{заг}$, Вт	U, Вт/(м^2 · К)	L^{2D}, Вт/К	k, Вт/(м · К)
0,1	5,181858	2	36,61608	0,192981	0,915402	0,52944
0,13	4,028012	2	41,59731	0,248261	1,039933	0,54341
0,16	3,306858	2	47,30695	0,302402	1,182674	0,57787

На рис. 58 наведений графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності.

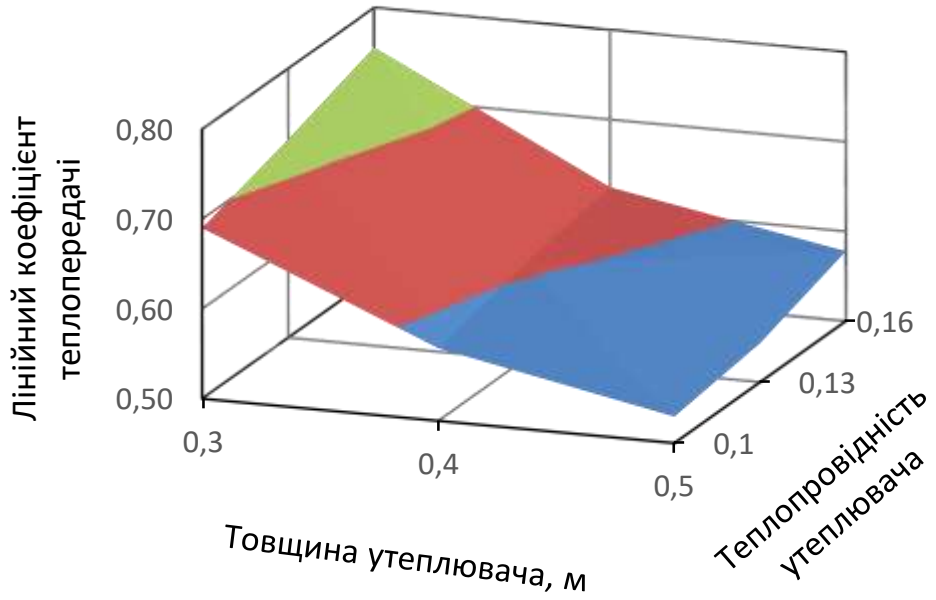


Рисунок 58 – Графік залежності лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини утеплювача та його теплопровідності

Для отримання формули залежності лінійного коефіцієнта теплопередачі від товщини і теплопровідності утеплювача перетворюємо графік поверхні на площину, використовуючи координати трьох точок поверхні.

Варіант 1.

Координати точок наведені у табл. 72.

Таблиця 72

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,1	0,69001
2	0,3	0,16	0,75621
3	0,5	0,13	0,54341

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}8985\delta_{\text{ут}} + 1{,}103333\lambda_{\text{ут}} + 0{,}8492267$$

У табл. 73 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 73

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,69001	0,60016	0,51031
0,4	0,72311	0,63326	0,54341
0,5	0,75621	0,66636	0,57651

У табл. 74 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 74

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,00000	-3,31554	3,61325
0,4	-0,24260	-4,50007	0,00000
0,5	0,00000	-6,68929	0,23535

Середнє розходження у відсотках становить 2,1 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,7 %

Варіант 2.

Координати точок наведені у табл. 75.

Таблиця 75

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,1	0,69001
2	0,5	0,1	0,52944
3	0,4	0,16	0,62458

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}80285\delta_{ут} + 0{,}247583\lambda_{ут} + 0{,}9061067$$

У табл. 76 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 76

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,69001	0,60973	0,52944
0,4	0,69744	0,61715	0,53687
0,5	0,70486	0,62458	0,54429

У табл. 77 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 77

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,00000	-4,96213	0,00000
0,4	3,31631	-1,84203	1,20397
0,5	6,78978	0,00000	5,81013

Середнє розходження у відсотках становить 2,7 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 6,8 %

Варіант 3.

Координати точок наведені у табл. 78.

Таблиця 78

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,5	0,1	0,52944
2	0,5	0,16	0,57787
3	0,3	0,13	0,72136

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}838525\delta_{ут} + 0{,}807167\lambda_{ут} + 0{,}8679858$$

У табл. 79 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 79

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,69715	0,61329	0,52944
0,4	0,72136	0,63751	0,55366
0,5	0,74558	0,66172	0,57787

У табл. 80 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 80

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	-1,03404	-5,57626	0,00000
0,4	0,00000	-5,20100	-1,88532
0,5	1,40635	-5,94680	0,00000

Середнє розходження у відсотках становить 2,3 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 5,9 %

Варіант 4.

Координати точок наведені у табл. 81.

Таблиця 81

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,16	0,75621
2	0,5	0,16	0,57787
3	0,4	0,1	0,5809

Використовуючи координати точок отримуємо формулу для визначення лінійного коефіцієнту теплопередачі в залежності від товщини та теплопровідності утеплювача.

$$k = -0{,}8917\delta_{ут} + 1{,}435667\lambda_{ут} + 0{,}7940133$$

У табл. 82 наведені значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за формулою

Таблиця 82

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	0,67007	0,58090	0,49173
0,4	0,71314	0,62397	0,53480
0,5	0,75621	0,66704	0,57787

У табл. 83 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою.

Таблиця 83

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за розрахунками температурних полів та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,13	0,16
0,3	2,88981	0,00000	7,12262
0,4	1,13951	-2,96705	1,58444
0,5	0,00000	-6,79817	0,00000

Середнє розходження у відсотках становить 2,5 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 7,1 %

Мінімальні значення розходження при застосуванні формули за варіантом 1.

$$k = -0{,}8985\delta_{\text{ут}} + 1{,}103333\lambda_{\text{ут}} + 0{,}8492267$$

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 2

1. Отримані формули дозволяють визначити значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень 6-ти вузлів наведених у ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

2. Розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів з теплопровідними включеннями за розрахунками температурних полів та за запропонованими формулами по всім розглянутим вузлам становить:

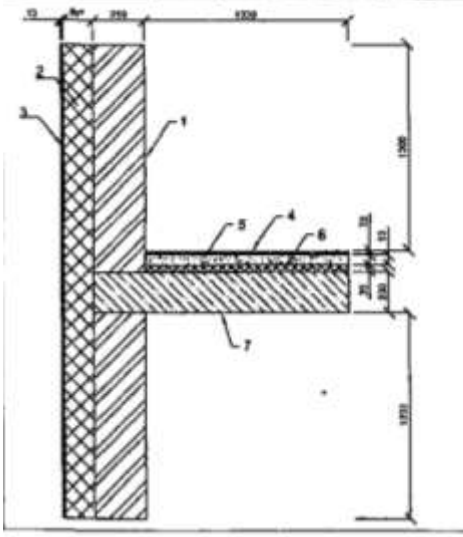
- Середнє – 2,6 %;
- Максимальне – 7 %.

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОТРИМАНИХ ЗА ФОРМУЛАМИ ЗІ ЗНАЧЕННЯМИ НАВЕДЕНИМИ У ДСТУ Б В.2.6-189:2013

3.1. Вузол 1

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені на рис. 59.

Вузол примикання зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою до міжповерхового перекриття



1 – зегляна кладка, ρ = 1800 кг/м^3;
2 – шар теплоізоляції;
3 – опоряджувальна штукатурка, ρ = 1300 кг/м^3;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м^3;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м^3;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м^3;
7 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м^3.

	120 мм	150 мм	180 мм
0,040	0,080	0,073	0,062
0,045	0,087	0,082	0,069
0,050	0,094	0,090	0,076

Рис. 59 - Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

$$k = -0{,}2966\delta_{\text{ут}} + 1{,}41\lambda_{\text{ут}} + 0{,}05966$$

наведені у табл. 84

Таблиця 84

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	0,08047	0,07157	0,06267
0,045	0,08752	0,07862	0,06972

0,05	0,09457	0,08567	0,07677

У табл. 85 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою.

Таблиця 85

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	-0,58500	1,95890	-1,08387
0,045	-0,59540	4,12195	-1,04638
0,05	-0,60426	4,81111	1,57436

Середнє розходження у відсотках становить 1,8 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 4,8 %.

3.2. Вузол 2

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені на рис. 60.

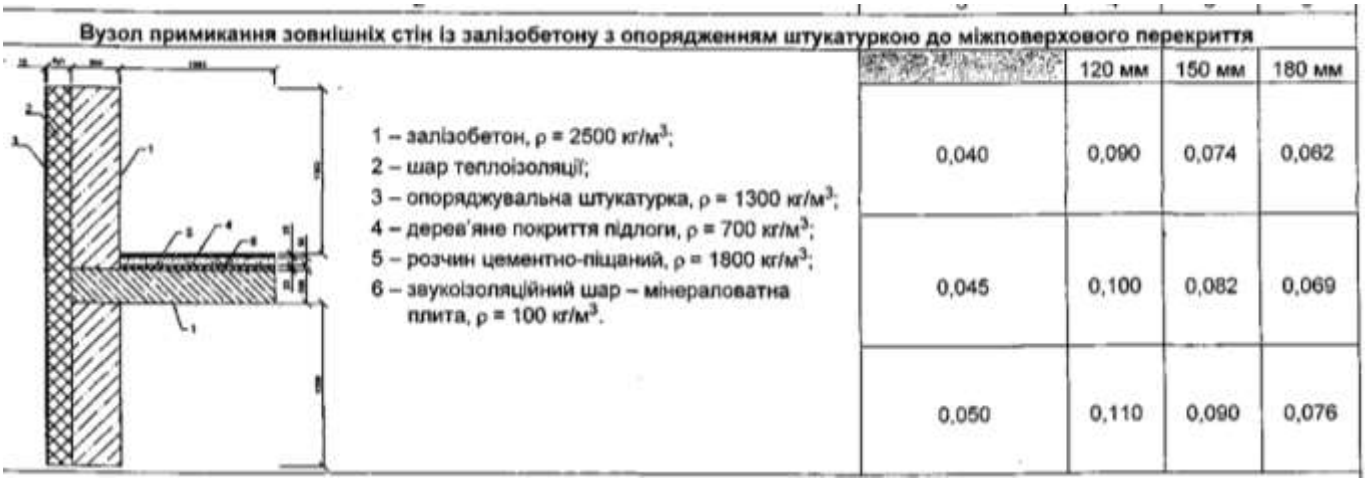


Рис. 60 - Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

$$k = -0{,}501867\delta_{\text{ут}} + 2{,}028\lambda_{\text{ут}} + 0{,}0667867$$

наведені у табл. 86

Таблиця 86

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	0,087683	0,072627	0,057571
0,045	0,087518	0,07862	0,069722
0,05	0,094568	0,08567	0,076772

У табл. 87 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою.

Таблиця 87

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	2,574822	1,855878	7,144129
0,045	10,482	4,121951	-1,04638
0,05	11,02909	4,811111	-1,01579

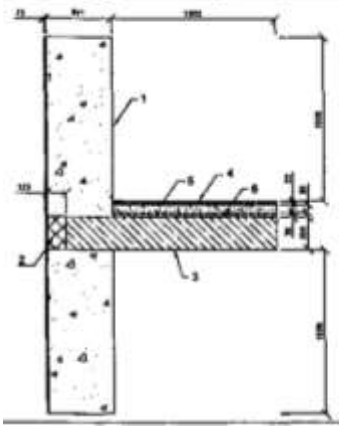
Середнє розходження у відсотках становить 4,9 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 11 %.

3.3. Вузол 3

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені на рис. 61.

Вузол примикання зовнішніх стін із ніздрюватого бетону до міжповерхового перекриття



1 – кладка з ніздрюватого бетону;
2 – теплоізоляційний матеріал;
3 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³.

марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
D300	0,147	0,155	0,159
D400	0,166	0,175	0,179
D500	0,184	0,193	0,196

Рис. 61 - Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

$$k = 0{,}05955\delta_{\text{ут}} + 0{,}62\lambda_{\text{ут}} + 0{,}067255$$

наведені у табл. 88

Таблиця 88

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	0,14712	0,153075	0,15903
0,045	0,16572	0,171675	0,17763
0,05	0,18432	0,190275	0,19623

У табл. 89 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою.

Таблиця 89

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	-0,08163	1,875	-0,01887
0,045	0,168675	1,9	0,765363
0,05	-0,17391	1,411917	-0,11735

Середнє розходження у відсотках становить 0,7 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 1,9 %.

3.4. Вузол 4

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені на рис. 62.

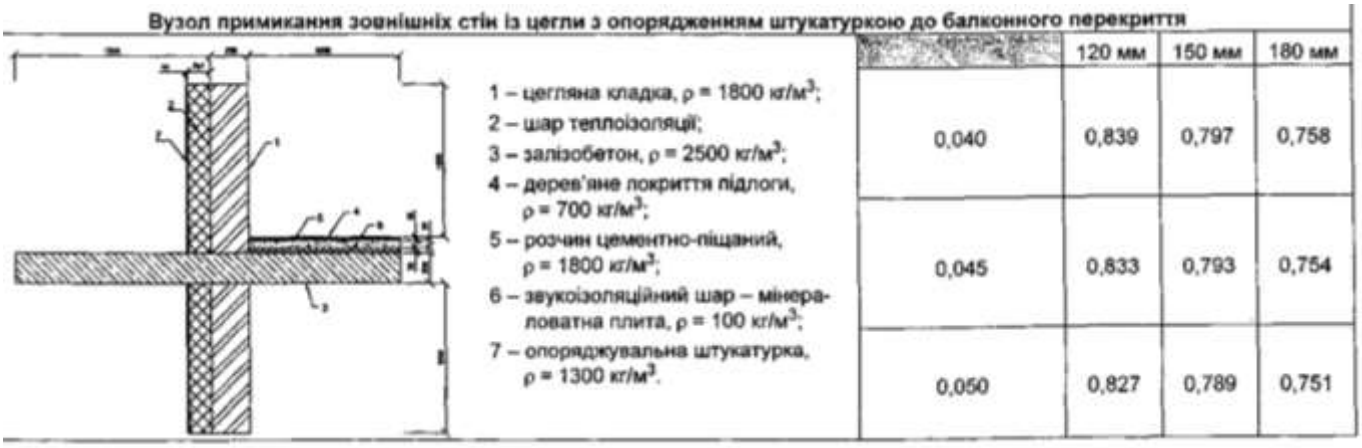


Рис. 62 - Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

$$k = -1{,}316667\delta_{\text{ут}} + 0{,}171467\lambda_{\text{ут}} + 0{,}9627087$$

наведені у табл. 90

Таблиця 90

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	0,811567	0,772067	0,732567
0,045	0,812425	0,772925	0,733425
0,05	0,813282	0,773782	0,734282

У табл. 91 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою.

Таблиця 91

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	3,269685	3,128315	3,355235
0,045	2,470027	2,531568	2,728826
0,05	1,658765	1,928771	2,2261

Середнє розходження у відсотках становить 2,6 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 3,4 %.

3.5. Вузол 5

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені на рис. 63.

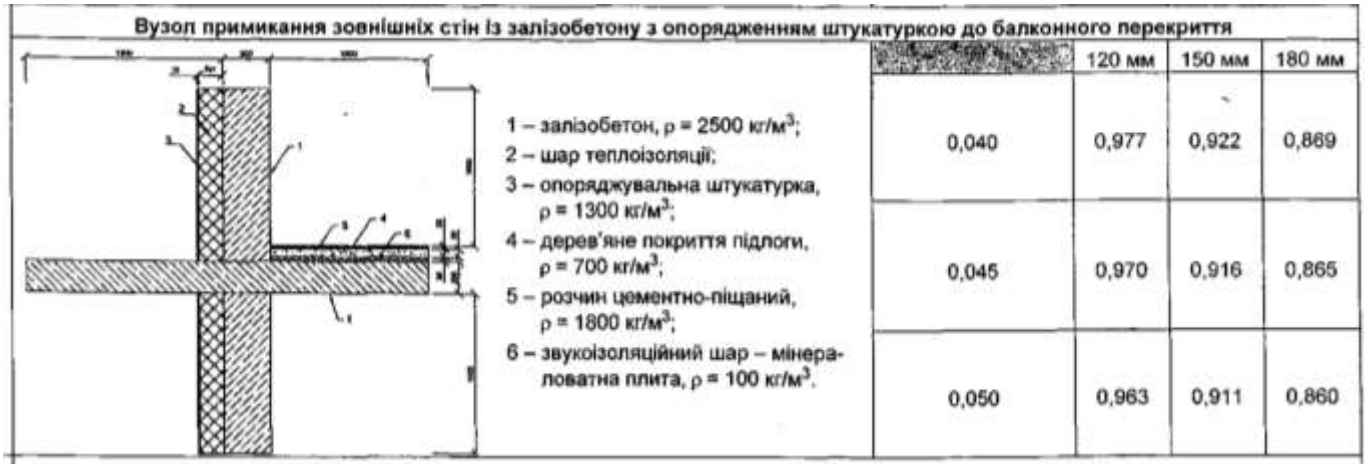


Рис. 63 - Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

$$k = -1{,}645267\delta_{\text{ут}} - 1{,}710933\lambda_{\text{ут}} + 1{,}2150727$$

наведені у табл. 92.

Таблиця 92

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	0,949203	0,899845	0,850487
0,045	0,940649	0,891291	0,841933
0,05	0,932094	0,882736	0,833378

У табл. 93 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою.

Таблиця 93

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою

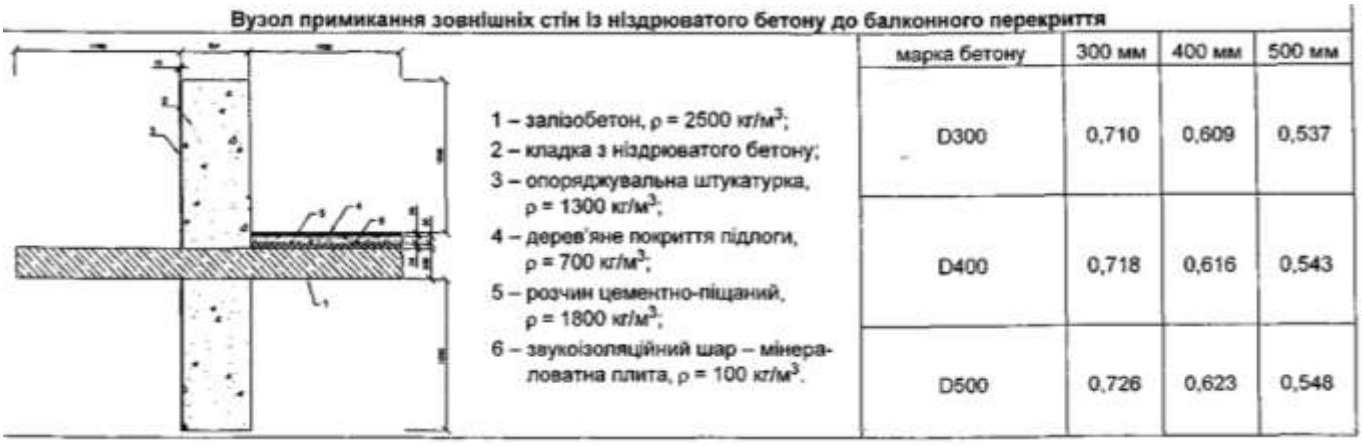
Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	2,845103	2,402893	2,130343
0,045	3,02591	2,697526	2,666745
0,05	3,209345	3,102525	3,095583

Середнє розходження у відсотках становить 2,8 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 3,2 %.

3.6. Вузол 6

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 наведені на рис. 65.



марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
D300	0,710	0,609	0,537
D400	0,718	0,616	0,543
D500	0,726	0,623	0,548

Рис. 65 - Лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

$$k = -0{,}8985\delta_{\text{ут}} + 1{,}103333\lambda_{\text{ут}} + 0{,}8492267$$

наведені у табл. 94.

Таблиця 94

Лінійні коефіцієнти теплопередачі, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	0,69001	0,60016	0,51031
0,045	0,72311	0,63326	0,54341
0,05	0,75621	0,66636	0,57651

У табл. 95 наведений відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою.

Таблиця 95

Відсоток розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі визначених ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	2,815493	1,45156	4,970205
0,045	-0,7117	-2,80195	-0,0755
0,05	-3,875	-6,95987	-5,20255

Середнє розходження у відсотках становить 3,2 %.

Максимальне розходження у відсотках становить 7 %.

ВИСНОВКИ ПО РОЗДІЛУ 3

1. Розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів з теплопровідними включеннями за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за запропонованими формулами по всім розглянутим вузлам становить:

- Середнє – 2,7 %;
- Максимальне – 5,2 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дослідженнями теплопередачі в місцях теплопровідних включень займалося багато як вітчизняних так і закордонних науковців.

2. Розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів з теплопровідними включеннями за розрахунками температурних полів та за запропонованими формулами по всім розглянутим вузлам становить:

- Середнє – 2,6 %;
- Максимальне – 7 %.

2. Розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів з теплопровідними включеннями за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за запропонованими формулами по всім розглянутим вузлам становить:

- Середнє – 2,7 %;
- Максимальне – 5,2 %.

3. Отримані формули дозволяють визначити значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень 6-ти вузлів наведених у ДСТУ Б В.2.6-189:2013 при любій товщині утеплювача та його теплопровідності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іванченко В.Т., Басов Є.В. Вплив теплопровідних включень на властивості огороджувальних конструкцій // Вісник БДТУ імені В. Г. Шухова. 2016. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-svoystva-ograzhdayuschih-konstruktsiy (дата звернення: 10.08.2022).

2. Овсянніков С.М., В'язова Т.О. Теплозахисні характеристики зовнішніх стінових конструкцій із теплопровідними включеннями // Construction materials. 2013. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teplozaschitnye-harakteristiki-naruzhnyh-stenovyh-konstruktsiy-s-teploprovodnymi-vklyucheniyami (дата звернення: 10.08.2022).

3. Білоус Олексій Миколайович, Білоус Ольга Євгенівна, Кулумбегова Лонда Заурівна, Крахін Станіслав Валерійович. Теплостійкість зовнішніх конструкцій з теплопровідними включеннями в літній період року // Вісник ТГАСУ. 2021. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teploustoychivost-naruzhnyh-ograzhdayuschih-konstruktsiy-s-teploprovodnymi-vklyucheniyami-v-letniy-period-goda (дата звернення: 10.08.2022).

4. Протасевич А.М., Крутілін Антон Борисович. Класифікація вентильованих фасадних систем. Вплив теплопровідних включень на їх теплозахисні характеристики // Magazine of Civil Engineering. 2011. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-ventiliruemyh-fasadnyh-sistem-vliyanie-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-ih-teplozaschitnye-harakteristiki (дата звернення: 10.08.2022).

5. В'язова Т.О., Овсянніков С.М. Вплив об'ємних теплопровідних включень на розрахунок приведеного опору теплопередачі огороджувальної конструкції // Вісник ТГАСУ. 2015. №2 (49). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-obemnyh-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-raschet-privedennogo-soprotivleniya-teploperedache-ograzhdayuschey-konstruktsii (дата звернення: 11.08.2022).

6. Тусніна О.А., Ємельянов А.А., Тусніна В.М. Теплотехнічні властивості різних конструктивних систем навісних вентильованих фасадів // Magazine of Civil Engineering. 2013. №8 (43). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teplotehnicheskie-

svoystva-razlichnyh-konstruktivnyh-sistem-navesnyh-ventiliruemyh-fasadov (дата звернення: 11.08.2022).

7. Козлобродов О.М., Цвєтков Д.М. Просторове теплоперенесення в стіні малоповерхової будівлі з профільованого утепленого бруса з конекторами // Вісник ТГАСУ. 2013. №3 (40). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvennyy-teploperenos-v-stene-maloetazhnogo-zdaniya-iz-profilirovannogo-uteplennogo-brusa-s-konnektorami (дата звернення: 11.08.2022).

8. Крайнов Д.В., Сафін І.Ш., Любимцев А.С. Розрахунок додаткових тепловтрат через теплопровідні включення огороджувальних конструкцій (на прикладі вузла віконного укосу)// Magazine of Civil Engineering. 2010. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-dopolnitelnyh-teplopoter-cherez-teploprovodnye-vklyucheniya-ograzhdayuschih-konstruktsiy-na-primere-uzla-okonnogo-otkosa (дата звернення: 11.08.2022).

9. Білоус О.М., Білоус О.Є., Кулумбегова Л.З. Вплив теплопровідних включень на амплітуду коливання температури внутрішньої поверхні каркасно-щитових будівель // Вісник ТГАСУ. 2022. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-amplitudu-kolebaniya-temperatury-vnutrenney-poverhnosti-karkasno-schitovyh-zdaniy (дата звернення: 11.08.2022).

10. Сурсанов Д.М., Пономарьов А.Б. Визначення приведеного опору теплопередачі самонесучої стінової панелі // Вісник ПНІПУ. Будівництво та архітектура. 2015. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-privedennogo-soprotivleniya-teploperedache-samonesuschey-stenovoy-paneli (дата звернення: 11.08.2022).

11. Щипачова О. В., Турдалієва М. К. Підвищення якості проектування житлових будівель шляхом скорочення та коректного обліку значень питомих втрат теплоти теплотехнічно неоднорідних вузлів огороджувальних конструкцій // Academic research in educational sciences. 2022. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-proektirovaniya-zhilyh-zdaniy-

putem-sokrascheniya-i-korrektnogo-ucheta-znacheniy-udelnyh-poter-teploty (дата звернення: 11.08.2022).

12. Давидюк О.О. Оцінка впливу теплопровідних включень на опір теплопередачі зовнішніх багатошарових стін на основі легких бетонів на склоподібних заповнювачах // Житлове будівництво. 2014. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-teploprovodnyh-vklyucheniy-na-privedennoe-soprotivlenie-teploperedache-naruzhnyh-mnogosloynyh-sten-na-osnove-legkih (дата звернення: 11.08.2022).

13. Місірова А.М., Місіров М.Х., Хасау Ю.М. Вплив елементів кріпильного каркасу вентильованого фасаду на теплові втрати будівлі // ИВД. 2017. №2 (45). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-elementov-krepezhnogo-karkasa-ventiliruemogo-fasada-na-teplovye-poteri-zdaniya (дата звернення: 11.08.2022).

14. Шибаєва Г.М., Ібе Є.Є., Баєв М.В., Рединa Є.В. Аналіз теплового захисту будівель, побудованих із застосуванням вентильованих фасадних систем // Вісник євразійської науки. 2018. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-teplovoy-zaschity-zdaniy-postroennyh-s-primeneniem-ventiliruemyh-fasadnyh-sistem (дата звернення: 11.08.2022).

15. Косих П.А. Вплив наскрізних металевих включень на опір теплопередачі огороджувальних конструкцій // Вісник ПНІПУ. Будівництво та архітектура. 2012. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-skvoznyh-metallicheskih-vklyucheniy-na-soprotivlenie-teploperedache-ograzhdayuschih-konstruktsiy (дата звернення: 11.08.2022).

16. Лещенко М.В., Семко В.А. Теплотехнічні властивості стінових конструкцій із сталевих тонкостінних профілів та полістиролбетону. // Magazine of Civil Engineering. 2015. №8 (60). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teplotehnicheskie-svoystva-stenovyh-ograzhdayuschih-konstruktsiy-iz-stalnyh-tonkostennyh-profiley-i-polistirolbetona (дата звернення: 11.08.2022).

17. Жеребцов А.В. Оцінка фактора питомих втрат теплоти груп вузлів зовнішніх фасадних огороджувальних конструкцій з теплоізоляційним шаром з пінoплексr // Житлове будівництво. 2015. №8. URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-faktora-udelnyh-poter-teploty-grupp-uzlov-naruzhnyh-fasadnyh-ograzhdayuschiy-konstruktsiy-s-teploizolyatsionnym-sloem-iz (дата звернення: 11.08.2022).

18. Рибаков М.М. 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-teplovogo-potoka-cherez-okonnyy-otkos (дата звернення: 11.08.2022).

19. Єлохов А. Методики та приклади розрахунку теплових мостів // Будівництво та техногенна безпека. 2015. №1 (53). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-i-primery-rascheta-teplovyh-mostov (дата звернення: 11.08.2022).

20. Ібе К.Є., Шибаєва Г.М., Гоголь Д.Д., Хрещук О.О., Нікітін О. Дмитрович. Комплексний аналіз нормативного регулювання теплового захисту будівельних з позиції теплотехнічної неоднорідності. 2021. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-analiz-normativno-regulirovania-teplovoy-zaschity-zdaniy-s-pozitsii-teplotehnicheskih-neodnorodnostejy (дата звернення: 11.08.2022).

21. Палій О.В., Чернов М.М. Чисельне дослідження ефективності поверхні тепловідведення з теплонавантаженим джерелом в умовах тепломасоперенесення повітря // Вісті ЮФУ. Технічні науки. 2018. №2 (196). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/chislennoe-issledovanie-effektivnosti-poverhnosti-teplootvoda-s-teplonagruzhennym-istochnikom-v-usloviyah-teplomassoperenosa (дата звернення: 11.08.2022).

22. Нестеров Л. В., Крутилін А. Б. До питання розрахунку опору теплопередачі сучасних конструкцій зовнішніх стін будівель // Енергетика. Вісті вищих навчальних закладів та енергетичних об'єднань СНД. 2007. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-rascheta-soprotivleniya-teploperedache-sovremennyh-konstruktsiy-naruzhnyh-sten-zdaniy (дата звернення: 11.08.2022).

23. Данилов Н.Д., Собакін А.А., Слобідчик Є.Г., Федотов П.А., Прокоп'єв В.В. Аналіз формування температурного поля зовнішньої стіни з фасадною залізобетонною панеллю // Житлове будівництво. 2013. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-formirovania-temperaturno-polya-naruzhnoy-stenys-fasadnoy-zhelezobetonnoy-panelyu (дата звернення: 11.08.2022).

24. 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-teplotehnicheski-neodnorodnyh-naruzhnyh-sten-mnogoetazhnogo-zhilogo-doma (дата звернення: 11.08.2022).

25. Умнякова Н.П., Єгорова Т.С., Андрейцева К.С., Смирнов В.А., Лобанов В.А. Нове конструктивне рішення поєднання зовнішніх стен з монолітними міжповерховими перекриттями та балконними плитами // Construction materials. 2013. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/nove-konstruktivnoe-reshenie-sopryazheniya-naruzhnyh-stens-monolitnymi-mehduetazhnymi-perekrytiyami-i-balkonnymi-plitami (дата звернення: 11.08.2022).

26. Хуторний А.Н., Кузін А.Я., Цвєтков Н.А., Мірошниченко Т.А., Колесникова А.В. Нестаціонарний просторовий теплоперенос в неоднорідній керамзитобетонній стіні // Известия ТПУ. 2006. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/nestatsionarnyy-prostranstvennyy-teploperenos-v-neodnorodnoy-keramzitobetonnoy-stene (дата звернення: 12.08.2022).

27. Гагарін В.Г., Неклюдов А.Ю. Облік теплотехнічних неоднорідностей огороджень щодо теплового навантаження на систему опалення будівлі // Житлове будівництво. 2014. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/uchet-teplotehnicheskih-neodnorodnostey-ograzhdeniy-pri-opredelenii-teplovoy-nagruzki-na-sistemu-otopleniya-zdaniya (дата звернення: 12.08.2022).

28. Данилов Н.Д., Федотов П.А., Лікарів І.А. Визначення приведеного термічного сопроти фрагменту неоднородної конструкції, що огороджує, в кліматичній камері // Житлове будівництво. 2018. №8. URL:

https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-privedenno-termicheskogo-soprotivleniya-fragmenta-neodnorodnoy-ograzhdayuschey-konstruktsii-v-klimaticheskiy-kamere (дата звернення: 12.08.2022).

29. Корнієнко С.В. Оцінка впливу крайових зон огороджувальних конструкцій на теплозахист та енергоефективність будівель // Magazine of Civil Engineering. 2011. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-kraevyh-zon-ograzhdayuschih-konstruktsiy-na-teplozaschitu-i-energoeffektivnost-zdaniy (дата звернення: 12.08.2022).

30. Дацюк Т.А. Інженерні аспекти енергозбереження будівель // Academia. Архітектура та будівництво. 2009. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/inzhenernye-aspekty-energosberezheniya-zdaniy (дата звернення: 12.08.2022).

31. Семикін П.В., Должиков В.М. Ефективні енергозберігаючі стінові панелі // Творчість та сучасність. 2016. №1 (1). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnye-energosberegayuschie-stenové-paneli (дата звернення: 12.08.2022).

32. Ананьєв А.І., Ананьєв А.А. Теплозахисні властивості та довговічність непрозорих фасадних систем будівель // Вісник МДСУ. 2011. №3-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teplozaschitnye-svoystva-i-dolgovechnost-neprozrachnyh-fasadnyh-sistem-zdaniy-1 (дата звернення: 12.08.2022).

33. Ананьїн М.Ю., Ведищева Ю. С. Багатофакторне чисельне дослідження теплотехнічних властивостей сендвіч-панелей вертикальної розрізки // Академічний вісник УралНДІпроект РААСН. 2012. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mnogofaktornoe-chislennoe-issledovanie-teplotehnicheskih-svoystv-sendvich-paneley-vertikalnoy-razrezki (дата звернення: 12.08.2022).

34. Тусніна В.М., Тусніна А.Р. Опір теплопередачі стін з віконними отворами // Вісник МДСУ. 2011. №1-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soprotivlenie-teploperedache-sten-s-okonnymi-proemami-1 (дата звернення: 12.08.2022).

35. Данилов Н.Д., Федотов П.А., Третьяков Е.С., Герасимова В.С. Порівняння варіантів різних типів зовнішніх стін будівель // Житлове будівництво. 2019. №5.

URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-variantov-raznyh-tipov-naruzhnyh-sten-zdaniy (дата звернення: 12.08.2022).

36. Горшков О.С., Римкевич П.П., Ватин М.І. Моделювання процесів нестаціонарного переносу тепла у стінових конструкціях з газобетонних блоків // Magazine of Civil Engineering. 2014. №8 (52). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-protesssov-nestatsionarno-perenosa-tepla-v-stenových-konstruktsiyah-iz-gazobetonnyh-blokov (дата звернення: 12.08.2022).

37. Павлов Н.М., Шадрін В.Ю. Чисельне моделювання та аналіз розрахунку теплообміну в зовнішніх конструкціях з особливостями // Вісник СВФУ. 2013. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/chislennoe-modelirovanie-i-analiz-rascheta-teploobmena-v-naruzhnyh-ograzhdayuschih-konstruktsiyah-s-osobennostyami (дата звернення: 12.08.2022).

38. Гагарін В.Г., Козлов В.В. Теоретичні причини розрахунку наведеного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій // Construction materials. 2010. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-predposylki-rascheta-privedenno-soprotivleniya-teploperedache-ograzhdayuschih-konstruktsiy (дата звернення: 12.08.2022).

39. Кривошеїн О.Д., Федоров С.В. До питання про розрахунок приведеного опору теплопередачі огрожуючих конструкцій // Magazine of Civil Engineering. 2010. №8. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-raschete-privedenno-soprotivleniya-teploperedache-ograzdayuschih-konstruktsiy (дата звернення: 12.08.2022).

40. Корнієнко С.В. Оцінка енергоефективності з урахуванням впливу крайових зон огороджувальних конструкцій, на тепловтрати будівлі // Вісник МДСУ. 2011. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-energoeffektivnosti-s-uchetom-vliyaniya-kraevyh-zon-ograzdayuschih-konstruktsiy-na-teplopoteri-zdaniya-1 (дата звернення: 12.08.2022).

41. Семенов В.С., Розовська Т.А. Підвищення енергоефективності огороджувальних конструкцій із застосуванням полегшених розчинів кладок // Construction materials. 2015. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-

energoeffektivnosti-ograzhdayuschih-konstruktsiy-s-primeneniem-oblegchennyh-kladochnyh-rastvorov (дата звернення: 12.08.2022).

42. Немова Д.В. Навісні фасади, що вентилюються: огляд основних проблем // Magazine of Civil Engineering. 2010. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/navesnye-ventiliruemye-fasady-obzor-osnovnyh-problem (дата звернення: 12.08.2022).

43. Русанов О.Є. Дослідження впливу дефектів будівельних робіт на теплозахисні властивості фрагмента огороджувальної конструкції з улаштуванням навісної фасадної системи // Вісник ЮУрДУ. Серія: Будівництво та архітектура. 2013. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-defektov-stroitelnyh-rabot-na-teplozaschitnye-svoystva-fragmenta-ograzdayuschey-konstruktsii-s-ustroystvom (дата звернення: 12.08.202)

44. Кришов С.І., Курилюк І.С., Самарін О.Д. Експериментальне дослідження температури на внутрішній поверхні віконних укосів// Житлове будівництво. 2012. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnoe-issledovanie-temperatury-na-vnutrenney-poverhnosti-okonnyh-otkosov (дата звернення: 12.08.2022).

45. Тусніна О.О. Теплотехнічний розрахунок конструкцій чисельними методами // Вісник МДСУ. 2013. №11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/teplotehnicheskiy-raschet-konstruktsiy-chislennymi-metodami (дата звернення: 12.08.2022).

46. Козлобродов О.М., Іванова О.О. Аналіз спільного впливу кількох теплонапружених елементів на тепловий стан будівельних конструкцій // Вісник ТДАСУ. 2016. №1 (54). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-совместного-вліянія-несколкіх-teplonapryazhennych-elementov-na-teplovoe-sostoyanie-stroitelnyh-konstruktsiy (дата звернення: 12.08.2022).

47. Самарін О.Д., Насонова Є.О. Дослідження залежності теплотехнічної однорідності зовнішніх огорож від геометричних показників будинків // Житлове будівництво. 2016. №1-2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-zavisimosti-teplotehnicheskoy-odnorodnosti-naruzhnyh-ograzhdeniy-ot-geometricheskih-harakteristik-zdaniy (дата звернення: 12.08.2022).

48. Неклюд А.Ю. Розрахунок характеристик енергоспоживання будівлі щодо трансмісійних теплових втрат // Житлове будівництво. 2016. №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-harakteristik-energopotrebleniya-zdanya-pri-opredelenii-transmissionnyh-teplovyh-poter (дата звернення: 12.08.2022).

49. Філатов Є.Ф. Конструктивні особливості тришарових зовнішніх стінових панелей із дискретними зв'язками // Житлове будівництво. 2017. №10. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/konstruktive-osobennosti-trehsloynyh-naruzhnyh-stenových-paneley-s-diskretnymi-svyazyami (дата звернення: 12.08.2022).

50. Tanner C., Zürcher C. Bauphysik der hinterlüfteten Fassade. Ein Einblick in ausgewählte physikalische Phänomene und Folgerungen für die konstruktive Umsetzung und Ausführung [Электронный ресурс] // Hinterlüftete Fassade als Witterungsschutz: WTA Seminar. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: www.wta-schweiz.ch/mitglieder/seminar-04-hugentobler.pdf (Дата звернення: 20.01.2011).

51. Peer L. B. B. Practical Use of Thermal Breaks in Cladding Support Systems [Электронный ресурс] // Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings X International Conference. Florida, USA, December 2-7, 2007. URL: http://www.ornl.gov/sci/buildings/2010/B_X_Proceedings.htm. (Дата звернення: 20.01.2011)

52. Tanner C., Zurcher C. Bauphysik der hinterlufteten Fassade/ Ein Einblick in ausgewahlte physikalische Phanomene und Fologerungen fur die konstruktive Umsetzung und Ausfuhrung [Электронный ресурс] // Hinterluftete Fassade als Witterungsschutz: WTA Seminar “Hinterluftete Fassade als Witterungsschutz”. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://www.wta-schweiz.ch/mitglieder/seminar-04-hugentobler.pdf . (Дата звернення: 20.01.2011)

53. Peer L.B.B. Practical Use of Thermal Breaks in Cladding Support Systems // Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Whole Buildings X International Conference. Florida, USA, December 2–7, 200

54. Dagnall M., Window A., Leung A., Thompson D. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed facade system // Proceedings of Building

Simulation: 12 th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 2011, 14–16 November. Pp. 808–815.

55. Ciampi M., Leccese F., Tuoni G. On the thermal behavior of ventilated facades and roofs // La Termotecnica. 2002. No. 1. Pp. 87–97.

56. Ciampi M., Leccese F., Tuoni G. Some thermal parameters influence on the energy performance of the ventilated walls // Proceedings of 20th UIT National Heat Transfer Conference, 2002, Maratea, Italy. Pp. 357–362.

57. Gudum, C. Evaluation of Thermal Bridges by Means of Numerical Simulation. / C. Gudum // Nordic Symp. on Build. Phys. 2008, Copenhagen, Denmark, June 16 – 18, 2008. – P. 41–48.

58. Problems in the Calculation of Thermal Bridges in Dynamic Conditions / K. Martin, A. Erkoreka, I. Flores, M. Odriozola, J.M. Sala // Energy and Buildings. – 2001. – V. 43 – P. 529–535.

59. Hensen J., Bartak M., Drkal F. Modeling and simulation of a double-skin facade system // ASHRAE Transactions. 2002. Vol. 108. Part 2, pp. 1251–1259.

60. Mingottia N., Chenvidyakarna T., Woodsb A.W. The fluid mechanics of the natural ventilation of a narrow-cavity double-skin facade // Building and Environment. 2011. Vol. 46, pp. 807–823.

61. Akinciturk N. Yapilarda isi kaybinin yalitimla azaltilmasinin enerji tüketimindeki olumlu etkilerinin incelenmesi // TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yalıtım Kongresi. 2001. URL: arsiv.mmo.org.tr/pdf/11363.pdf

62. Roulet C.-A., Santé et qualité de l’environnement intérieur dans les b timents. Second ed. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne, 2010.

63. Branco F., Tadeu A., Simoes N. Heat conduction across double brick walls via BEM // Building and Environment. 2004. Vol. 39. Is. 1, pp. 51–58.

64. 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.

65. Evola G., Margani G., Marletta L. Energy and cost evaluation of thermal bridge correction in Mediterranean climate // Energy and Buildings. 2011. Vol. 43. Is. 9, pp. 2385–2393.

66. Keller T., Riebel F., Zhou A. Multifunctional hybrid GFRP/steel joint for concrete slab structures // Journal of Composites for Construction. 2006. Vol. 10. No. 6, pp. 550–560.

67. Goulouti K., Castro J., Vassilopoulos A.P., Keller T. Thermal performance evaluation of fiber-reinforced polymer thermal breaks for balcony connections // Energy and Buildings. 2014. Vol. 70, pp. 365–371

68. Trabelsi A. et al. Assessment of temperature gradient effects on moisture transfer through thermogradient coefficient // Building Simulation. – Tsinghua Press, 2012. – T. 5. – No. 2. – C. 107-115.

69. Aristov L.V. Sport and sports facilities / L.V. Aristov // M: Publishing house "SportAkadem" 2013

70. Vogdt F., Schlaich M., Hillemeir B. Conceptual and structural design of building made of lightweight and infra-lightweight concrete. Berlin, 2010. 105 p.

71. Lecompte T., Le Bideau P., Glouannec P., Nortershauser D., Le Masson S. Mechanical and thermo-physical behaviour of concretes and mortars containing phase change material // Energy and buildings, 2015. No94. Pp. 52–60.

72. Kočí J., Maděra J., Jerman M., Černý R. Computational assessment of thermal performance of contemporary ceramic blocks with complex internal geometry in building envelopes // Energy and buildings, 2015. No99. Pp. 61–66.

73. Hongzhi Cui, Shazim Ali Memon, Ran Liu Development, mechanical properties and numerical simulation of macro encapsulated thermal energy storage concrete // Energy and buildings, 2015. No96. Pp. 162–174.

74. Cziesielski E., Vogdt F.U. Schaden an Warmedamm-Verbundsystemen. Stuttgart. 2000. 206 S.

75. deGracia A., Castell A., Fernández C., Cabeza L.F. A simple model to predict the thermal performance of a ventilated facade with phase change materials // EnergyandBuildings. 2015.No. 93, pp. 137–142. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.01.069

76. Mirel Florin Delia. Impact of Thermal Bridges in Low Energy Buildings – DOI: 10.1007/978-3-030-57418-5_5 // Environmental and Human Impact of uildings. – 2021. P. 107–147. – URL: https://www.researchgate.net/publication/349557158_Impact_of_Thermal_ Bridges_in Low_Energy_Buildings (дата звернення: 04.03.2021)

77. W.P. Brown, A.G. Wilson. Thermal Bridges in Buildings // 2010. – URL: https://www.researchgate.net/publication/44049172_Thermal_Bridges_in_Buildings (дата звернення: 05.03.2021).

78. Kim H., Yeo M. Thermal Bridge Modeling and a Dynamic Analysis Method Using the Analogy of a Steady-State Thermal Bridge Analysis and System Identification Process for Building Energy Simulation: Methodology and Validation // Journal: Energies. 2020. P. 1–22.

79. Gaši M., Milovanović B., Bagarić M. Numerical Model Of Point Thermal Bridges // The Tenth Internal Conference "Engineering Computational Technology 2018". 2018. P. 1–22.

80. Moga L., Moga I. Evaluation of Thermal Bridges Using Online Simulation Software // E3S Web of Conferences 172. 2020. P. 1–8.

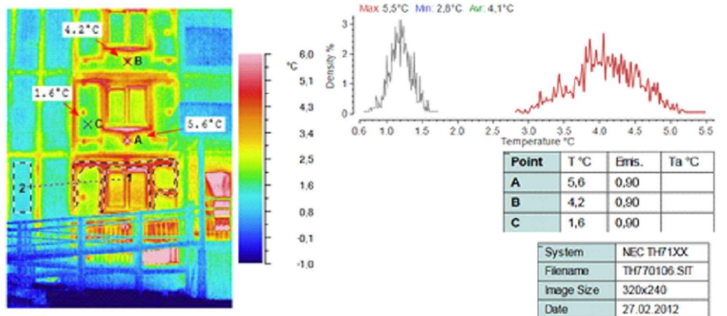
81. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 51 с. https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2020/09/dstu-b-v_2_6-189-2013.pdf (дата звернення: 13.09.2022).

82. 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: 13.09.2022).

83. Теплопровідні включення в будівельних конструкція. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури Частина 1. Загальні методи: ДСТУ ISO 10211-1:2005. – [Чинні від 2008-03-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 47 с. (Національний стандарт України).

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Іванченко В.Т. запропонував методику розрахунок приведеного опору теплопередачі

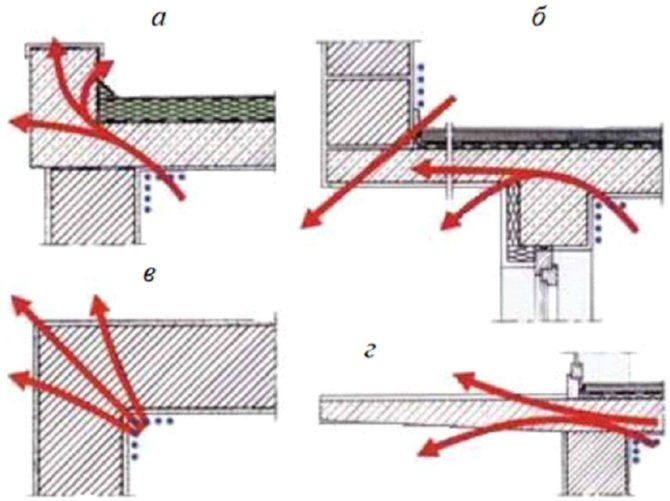


Point	T °C	Emis.	Ta °C
A	5,6	0,90	
B	4,2	0,90	
C	1,6	0,90	

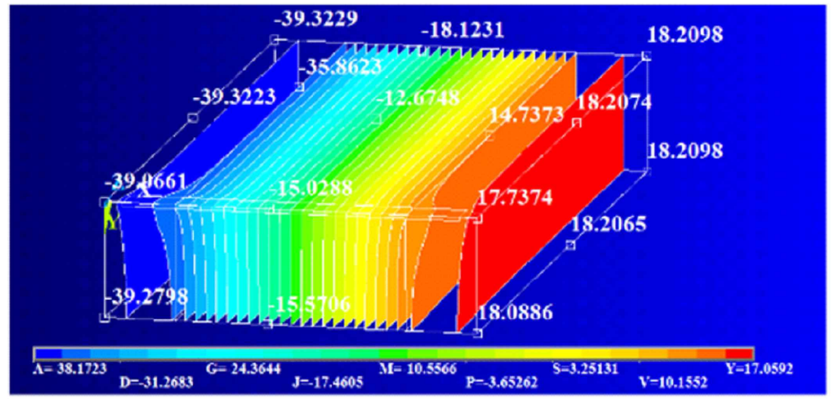
System	NEC TH71XX
Filename	TH770106.SIT
Image Size	320x240
Date	27.02.2012
Time	03:19:55.033
Max. scale	5,1°C
Min. scale	0,6°C
Emissivity	0,90

Area	Min °C	Max °C	Avr °C	Emis.	Ta °C	Area px	P1 Joule/sec	<P1> Joule/(sec m2)
1	2,8	5,5	4,1	0,90		1450	225	
2	0,7	1,7	1,2	0,90		1026	200	
2 - 1	-2,1	-3,7	-2,9	0,00		1450	-24,7	

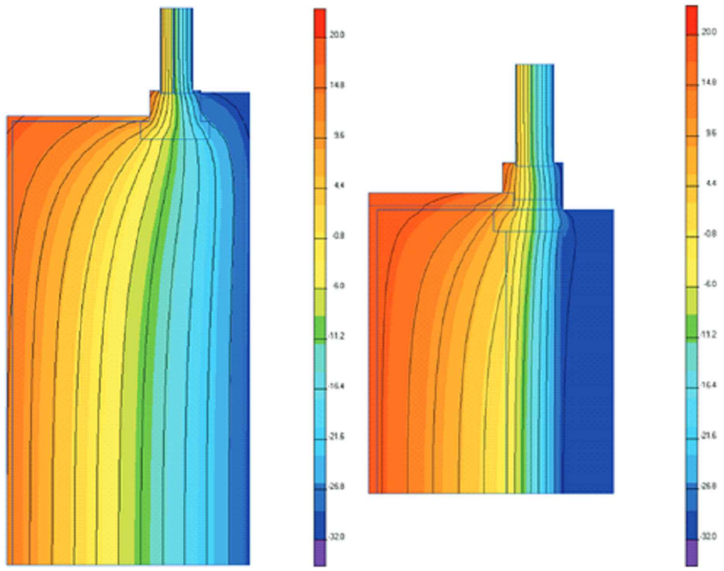
В'язова Т.О. виконала порівняльний аналіз результатів розрахунку приведеного опору теплопередачі з побудовою двомірних та тривимірних температурних полів



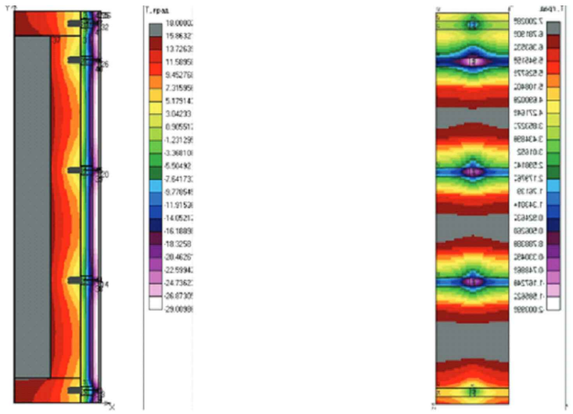
Козлобродов О.М. виконав дослідження процесів просторового теплоперенесення в стіні з профільованого дерев'яного бруса



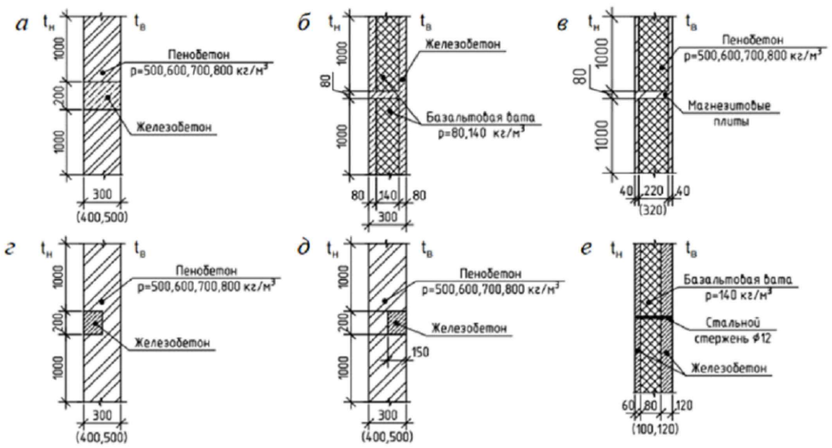
Крайнов Д.В. Досліджував вплив на теплозахист теплопровідних включень



Тусніна О.А., виконувала дослідження теплотехнічних властивостей навісних вентильованих фасадних систем



Білоус О.М. Досліджував вплив на теплостійкість теплопровідних включень

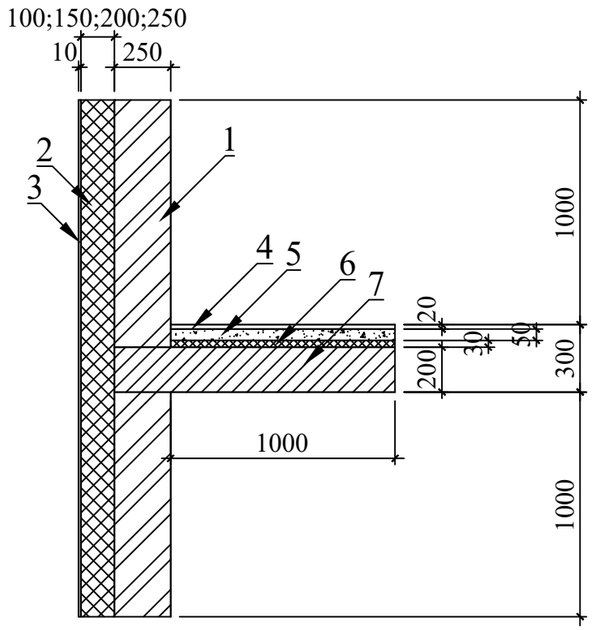


						601-БП.9555047.МР
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
Керівник		Філоненко О.І.				Стадія: МР; Аркуш: 1; Аркушів: 15
Консультант						
Н.контроль						Аналіз досліджень Іванченко В.Т., Вязова Т.О., Козлобродова О.М., Крайнова Д.В., Турсіна О.А., Білоус О.М.
Зав.кафедри		Семко О.В.				НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ

РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Вузол 1

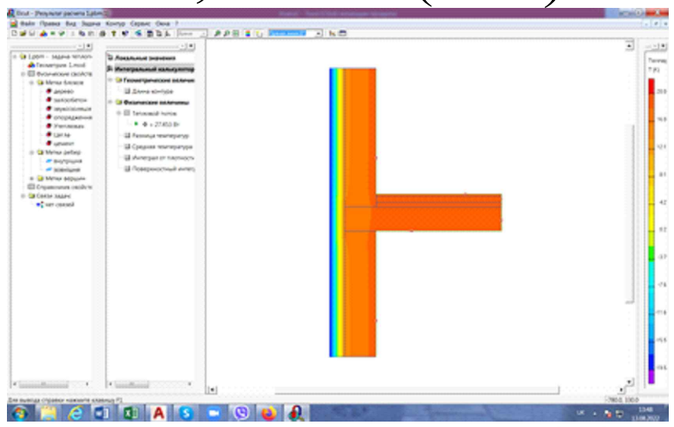
Розрахункова схема



Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Цегла	1800	0,81
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
7	Залізобетон	2500	2,04

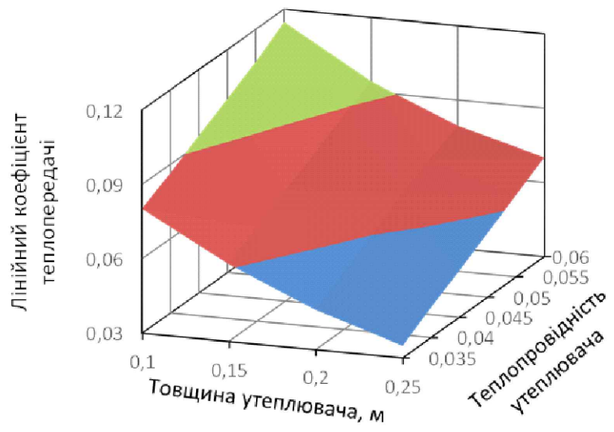
Температурне поле. δ=0,1м; λ=0,035 Вт/(м·К)



Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

λ_{ip}, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08020	0,06111	0,04603	0,03486
0,04	0,08658	0,06789	0,05344	0,04212
0,045	0,09345	0,07492	0,06003	0,04882
0,05	0,10020	0,08106	0,06845	0,05588
0,055	0,10688	0,08800	0,07400	0,06301
0,06	0,11500	0,09422	0,07961	0,07011

Графік залежності k від δ та λ



Варіан 1
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,0802
2	0,25	0,035	0,03486
3	0,15	0,06	0,09422

$$k = -0{,}302267\delta_{ут} + 1{,}165333\lambda_{ут} + 0{,}06964$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08020	0,06509	0,04997	0,03486
0,04	0,08603	0,07091	0,05580	0,04069
0,045	0,09185	0,07674	0,06163	0,04651
0,05	0,09768	0,08257	0,06745	0,05234
0,055	0,10351	0,08839	0,07328	0,05817
0,06	0,10933	0,09422	0,07911	0,06399

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00006	-6,50729	-8,56671	0,00027
0,04	0,64260	-4,45319	-4,41602	3,40321
0,045	1,70863	-2,42917	-2,65965	4,72504
0,05	2,51502	-1,85862	1,45617	6,33518
0,055	3,15624	-0,44689	0,97309	7,68677
0,06	4,92758	0,00007	0,63236	8,72453

Середнє розходження 3,3 %.
Максимальне розходження 8,7 %

						601-БП.9555047.МР	
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013	
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія: МР; Аркуш: 2; Аркушів: 15
Керівник		Філоненко О.І.					
Консультант							
Н.контроль						Вузол 1. Розрахункова схема. Характеристики матеріалів шарів. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ
Зав.кафедри		Семко О.В.					

Вузол 1

Варіан 2
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,03486
2	0,25	0,06	0,07011
3	0,1	0,045	0,09345

$$k = -0{,}2966\delta_{ут} + 1{,}41\lambda_{ут} + 0{,}05966$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,07935	0,06452	0,04969	0,03486
0,04	0,08640	0,07157	0,05674	0,04191
0,045	0,09345	0,07862	0,06379	0,04896
0,05	0,10050	0,08567	0,07084	0,05601
0,055	0,10755	0,09272	0,07789	0,06306
0,06	0,11460	0,09977	0,08494	0,07011

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,05985	-5,58010	-7,95134	0,00000
0,04	0,21136	-5,42053	-6,17515	0,49858
0,045	0,00000	-4,93860	-6,26353	-0,28677
0,05	-0,29940	-5,68715	-3,49160	-0,23264
0,055	-0,62687	-5,36364	-5,25676	-0,07935
0,06	0,34783	-5,89047	-6,69514	0,00000

Середнє розходження 3 %.
Максимальне розходження 8 %

Варіан 3
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,115
2	0,25	0,06	0,7011
3	0,2	0,035	0,04603

$$k = -0{,}299267\delta_{ут} + 1{,}561733\lambda_{ут} + 0{,}0512227$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,07596	0,06099	0,04603	0,03107
0,04	0,08377	0,06880	0,05384	0,03888
0,045	0,09157	0,07661	0,06165	0,04668
0,05	0,09938	0,08442	0,06946	0,05449
0,055	0,10719	0,09223	0,07726	0,06230
0,06	0,11500	0,10004	0,08507	0,07011

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	5,29095	0,19096	0,00010	10,88180
0,04	3,25431	-1,3433	-0,7459	7,70354
0,045	2,00751	-2,2565	-2,6941	4,37539
0,05	0,81572	-4,1442	-1,4696	2,48282
0,055	-0,2912	-4,8045	-4,4116	1,12480
0,06	0,00002	-6,1734	-6,8625	0,00010

Середнє розходження 3,1 %.
Максимальне розходження 10,9 %

Варіан 4
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,0802
2	0,1	0,06	0,115
3	0,25	0,045	0,04882

$$k = -0{,}302\delta_{ут} + 1{,}392\lambda_{ут} + 0{,}06168$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08020	0,06510	0,05000	0,03490
0,04	0,08716	0,07206	0,05696	0,04186
0,045	0,09412	0,07902	0,06392	0,04882
0,05	0,10108	0,08598	0,07088	0,05578
0,055	0,10804	0,09294	0,07784	0,06274
0,06	0,11500	0,09990	0,08480	0,06970

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00000	-6,52921	-8,62481	-0,11474
0,04	-0,66641	-6,14229	-6,58683	0,61728
0,045	-0,71696	-5,47250	-6,48009	0,00000
0,05	-0,87824	-6,06958	-3,55004	0,17895
0,055	-1,08533	-5,61364	-5,18919	0,42850
0,06	0,00000	-6,02844	-6,51928	0,58480

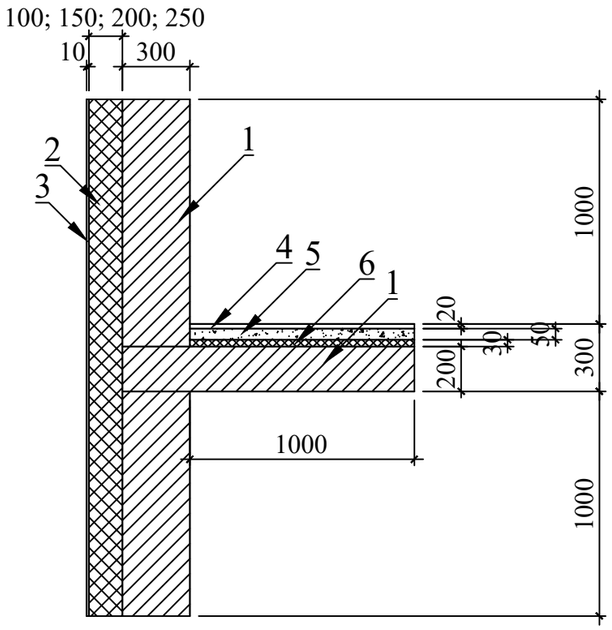
Середнє розходження 3,3 %.
Максимальне розходження 8,6 %

						601-БП.9555047.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013		
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	3	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 1. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

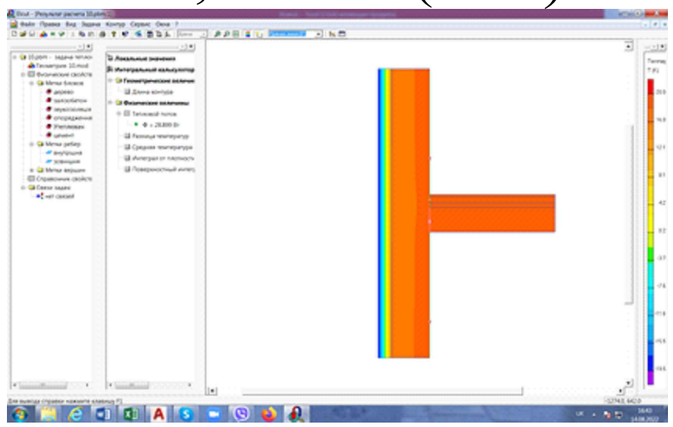
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Вузол 2

Розрахункова схема



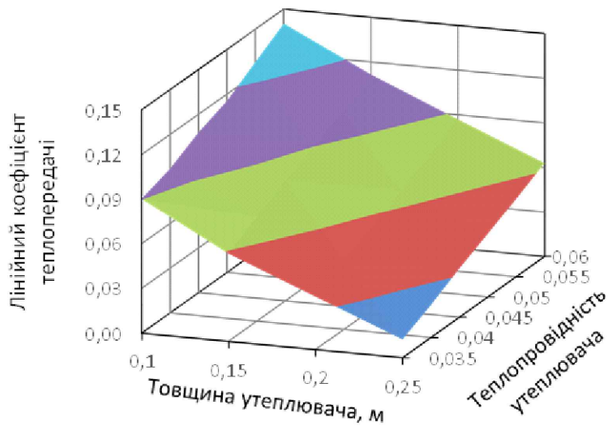
Температурне поле. δ=0,1м; λ=0,035 Вт/(м·К)



Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

λ_{ip}, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,09033	0,05890	0,03556	0,01230
0,04	0,09702	0,07000	0,04626	0,02183
0,045	0,10786	0,08111	0,05598	0,03274
0,05	0,11545	0,08966	0,06624	0,04242
0,055	0,12804	0,10064	0,07637	0,05245
0,06	0,14033	0,11157	0,08700	0,06300

Графік залежності k від δ та λ



Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Залізобетон	2500	2,04
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048

Варіан 1

Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,09033
2	0,25	0,035	0,0123
3	0,15	0,06	0,11157

$$k = -0{,}5202\delta_{ут} + 1{,}89\lambda_{ут} + 0{,}0762$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,09033	0,06432	0,03831	0,01230
0,04	0,09978	0,07377	0,04776	0,02175
0,045	0,10923	0,08322	0,05721	0,03120
0,05	0,11868	0,09267	0,06666	0,04065
0,055	0,12813	0,10212	0,07611	0,05010
0,06	0,13758	0,11157	0,08556	0,05955

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00365	-9,20204	-7,73341	0,00000
0,04	-2,84477	-5,38571	-3,24254	0,38130
0,045	-1,27017	-2,60141	-2,19721	4,70373
0,05	-2,79775	-3,35713	-0,63406	4,17256
0,055	-0,07107	-1,47059	0,33523	4,48428
0,06	1,96197	0,00000	1,65630	5,47619

Середнє розходження 2,7 %.
Максимальне розходження 9,2 %

						601-БП.9555047.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013		
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	4	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 2. Розрахункова схема. Характеристики матеріалів шарів. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

Вузол 1

Варіан 2
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,0123
2	0,25	0,06	0,063
3	0,1	0,045	0,10786

$$k = -0{,}501867\delta_{ут} + 2{,}028\lambda_{ут} + 0{,}0667867$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08758	0,06249	0,03739	0,01230
0,04	0,09772	0,07263	0,04753	0,02244
0,045	0,10786	0,08277	0,05767	0,03258
0,05	0,11800	0,09291	0,06781	0,04272
0,055	0,12814	0,10305	0,07795	0,05286
0,06	0,13828	0,11319	0,08809	0,06300

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,04716	-6,09117	-5,15945	-0,01382
0,04	-0,72222	-3,75386	-2,75551	-2,78680
0,045	-0,00065	-2,04377	-3,02733	0,48351
0,05	-2,20935	-3,62224	-2,37726	-0,71122
0,055	-0,07943	-2,39239	-2,08038	-0,78090
0,06	1,46266	-1,44994	-1,25711	-0,00270

Середнє розходження 2 %.
Максимальне розходження 6,1 %

Варіан 3
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,14033
2	0,25	0,06	0,063
3	0,2	0,035	0,03556

$$k = -0{,}515533\delta_{ут} + 2{,}128667\lambda_{ут} + 0{,}0641633$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,08711	0,06134	0,03556	0,00978
0,04	0,09776	0,07198	0,04620	0,02043
0,045	0,10840	0,08262	0,05685	0,03107
0,05	0,11904	0,09327	0,06749	0,04171
0,055	0,12969	0,10391	0,07813	0,05236
0,06	0,14033	0,11455	0,08878	0,06300

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,56453	-4,13700	-0,00013	20,46020
0,04	-0,75931	-2,82861	0,12240	6,44210
0,045	-0,50066	-1,86582	-1,54826	5,10060
0,05	-3,11247	-4,02264	-1,88715	1,66572
0,055	-1,28686	-3,24924	-2,31436	0,18181
0,06	0,00234	-2,67399	-2,04103	-0,00011

Середнє розходження 2,9 %.
Максимальне розходження 20,5 %

Варіан 4
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,09033
2	0,1	0,06	0,14033
3	0,25	0,045	0,03274

$$k = -0{,}517267\delta_{ут} + 2\lambda_{ут} + 0{,}0720567$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,09033	0,06447	0,03860	0,01274
0,04	0,10033	0,07447	0,04860	0,02274
0,045	0,11033	0,08447	0,05860	0,03274
0,05	0,12033	0,09447	0,06860	0,04274
0,055	0,13033	0,10447	0,07860	0,05274
0,06	0,14033	0,11447	0,08860	0,06274

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00365	-9,45102	-8,55821	-3,57683
0,04	-3,41167	-6,38093	-5,06550	-4,15284
0,045	-2,29001	-4,13839	-4,68614	0,00015
0,05	-4,22694	-5,36097	-3,56778	-0,75424
0,055	-1,78930	-3,80232	-2,92971	-0,54879
0,06	0,00235	-2,59626	-1,84170	0,41278

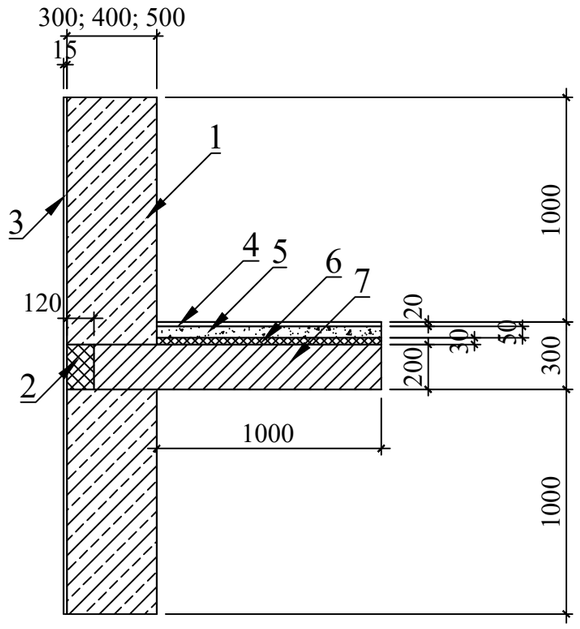
Середнє розходження 3,3 %.
Максимальне розходження 9,5 %

						601-БП.9555047.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013		
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	5	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 2. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

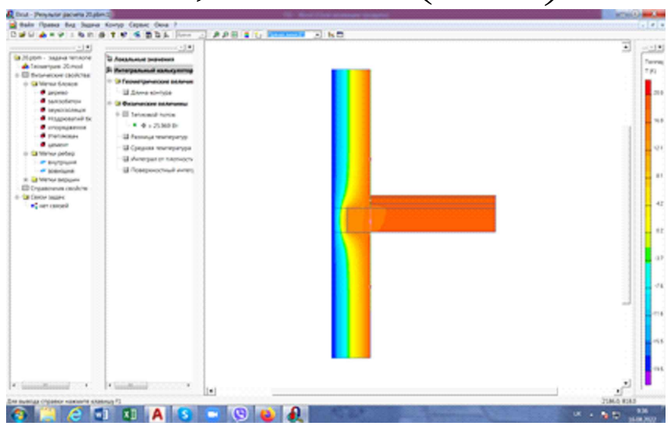
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Вузол 3

Розрахункова схема



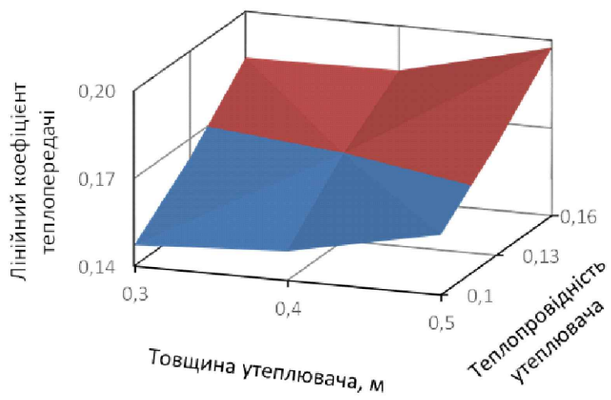
Температурне поле. δ=0,1м; λ=0,035 Вт/(м·К)



Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

λ_{ip}, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,14712	0,15001	0,16055
0,13	0,16350	0,16984	0,17763
0,16	0,18432	0,18479	0,19752

Графік залежності k від δ та λ



Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Кладка з ніздрюватого бетону	Марка бетону D300; D400; D500	0,1; 0,13; 0,16
2	Утеплювач	125	0,049
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
	Залізобетон	2500	2,04

Варіан 1

Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,1	0,14712
2	0,3	0,16	0,18432
3	0,5	0,13	0,17763

$$k = 0{,}05955\delta_{ут} + 0{,}62\lambda_{ут} + 0{,}067255$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,14712	0,15308	0,15903
0,13	0,16572	0,17168	0,17763
0,16	0,18432	0,19028	0,19623

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,15	0,2
0,1	0,00000	-2,04320	0,94675
0,13	-1,35779	-1,08043	0,00000
0,16	0,00109	-2,96823	0,65310

Середнє розходження 1 %.
Максимальне розходження 2,9 %

						601-БП.9555047.МР			
						Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата				
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	6	15
Консультант						Вузол 3. Розрахункова схема. Характеристики матеріалів шарів. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н.контроль									
Зав.кафедри		Семко О.В.							

Вузол 3

Варіан 2
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,1	0,14712
2	0,5	0,1	0,15055
3	0,4	0,16	0,18479

$$k = 0{,}008575\delta_{ут} + 0{,}584958\lambda_{ут} + 0{,}0877667$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,14884	0,14969	0,15055
0,13	0,16638	0,16724	0,16810
0,16	0,18393	0,18479	0,18565

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	-1,16572	0,21165	6,22859
0,13	-1,76375	1,53012	5,36579
0,16	0,21133	0,00001	6,01079

Середнє розходження 2,5 %.
Максимальне розходження 6,3 %

Варіан 3
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,5	0,1	0,15055
2	0,5	0,16	0,19752
3	0,1	0,16	0,1635

$$k = 0{,}038837\delta_{ут} + 0{,}616167\lambda_{ут} + 0{,}0795146$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,15278	0,15667	0,16055
0,13	0,17127	0,17515	0,17903
0,16	0,18975	0,19364	0,19752

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	-3,84883	-4,43710	0,00012
0,13	-4,75070	-3,12713	-0,79086
0,16	-2,94616	-4,78712	0,00009

Середнє розходження 2,7 %.
Максимальне розходження 4,8 %

Варіан 4
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,16	0,18432
2	0,5	0,16	0,19752
3	0,4	0,1	0,15001

$$k = 0{,}033\delta_{ут} + 0{,}736833\lambda_{ут} + 0{,}0631267$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,14671	0,15001	0,15331
0,13	0,16881	0,17211	0,17541
0,16	0,19092	0,19422	0,19752

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,27868	0,00000	4,50950
0,13	-3,25075	-1,33949	1,24698
0,16	-3,57959	-5,10308	0,00001

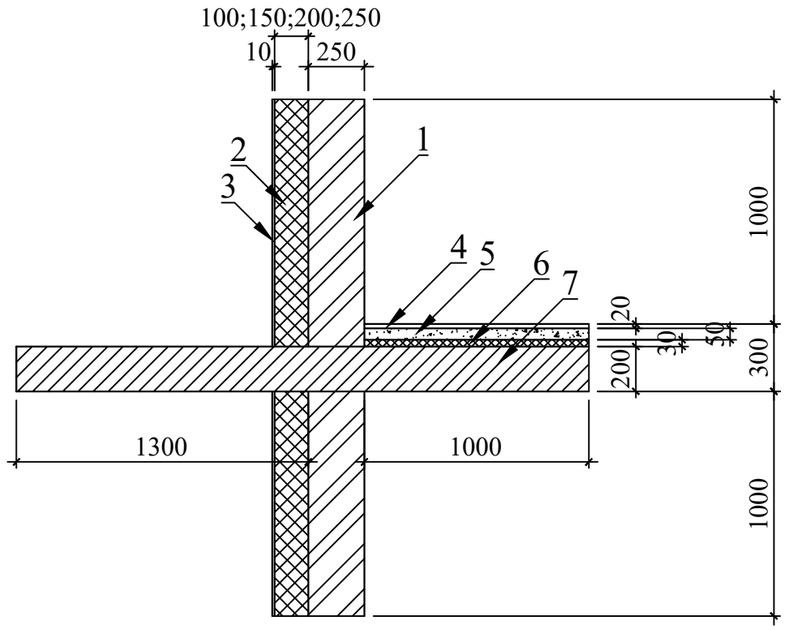
Середнє розходження 2,1 %.
Максимальне розходження 5,1 %

						601-БП.9555047.МР			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013			
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	7	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 3. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

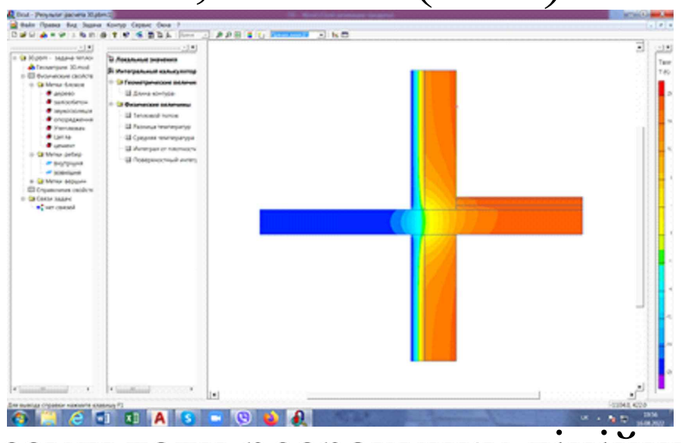
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Вузол 4

Розрахункова схема



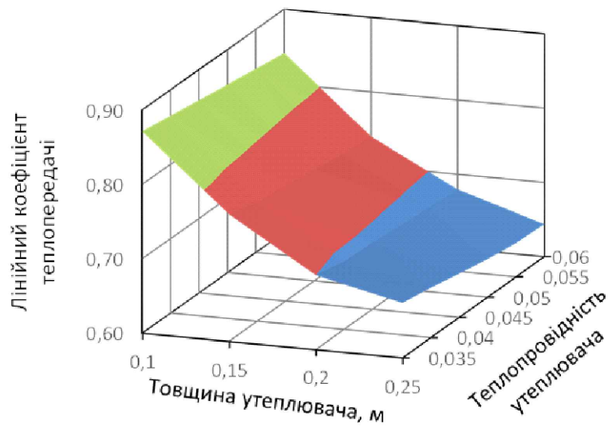
Температурне поле. δ=0,1м; λ=0,035 Вт/(м·К)



Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

λ_{ip}, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87133	0,77121	0,70010	0,67383
0,04	0,86533	0,76002	0,69121	0,66712
0,045	0,85921	0,75522	0,68956	0,65866
0,05	0,85300	0,74921	0,68600	0,65100
0,055	0,84712	0,74300	0,68280	0,64541
0,06	0,84133	0,74000	0,67963	0,64383

Графік залежності k від δ та λ



Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Цегла	1800	0,81
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
7	Залізобетон	2500	2,04

Варіан 1

Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,87133
2	0,1	0,06	0,84133
3	0,25	0,045	0,65866

$$k = -1{,}3378\delta_{ут} - 1{,}2\lambda_{ут} + 1{,}04711$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87133	0,80444	0,73755	0,67066
0,04	0,86533	0,79844	0,73155	0,66466
0,045	0,85933	0,79244	0,72555	0,65866
0,05	0,85333	0,78644	0,71955	0,65266
0,055	0,84733	0,78044	0,71355	0,64666
0,06	0,84133	0,77444	0,70755	0,64066

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00038	-4,30881	-5,34924	0,47093
0,04	0,00000	-5,05513	-5,83614	0,36875
0,045	-0,01397	-4,92837	-5,21927	0,00000
0,05	-0,03869	-4,96923	-4,89067	-0,25499
0,055	-0,02467	-5,03903	-4,50351	-0,19368
0,06	0,00039	-4,65405	-4,10812	0,49287

Середнє розходження 2,5 %.
Максимальне розходження 5,8 %

						601-БП.9555047.МР		
						Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата			
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	8	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 4. Розрахункова схема. Характеристики матеріалів шарів. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

Вузол 4

Варіан 2
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	0,87133
2	0,25	0,035	0,67383
3	0,15	0,06	0,74

$$k = -1{,}316667\delta_{ут} - 2{,}619867\lambda_{ут} + 1{,}094692$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87133	0,80550	0,73966	0,67383
0,04	0,85823	0,79240	0,72656	0,66073
0,045	0,84513	0,77930	0,71346	0,64763
0,05	0,83203	0,76620	0,70037	0,63453
0,055	0,81893	0,75310	0,68727	0,62143
0,06	0,80583	0,74000	0,67417	0,60833

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,04716	-6,09117	-5,15945	-0,01382
0,04	0,82042	-4,26005	-5,11479	0,95776
0,045	1,63857	-3,18820	-3,46664	1,67442
0,05	2,45815	-2,26754	-2,09406	2,52966
0,055	3,32755	-1,35926	-0,65406	3,71507
0,06	4,21950	0,00001	0,80388	5,51385

Середнє розходження 2,5 %.
Максимальне розходження 5,7 %

Варіан 3
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,67383
2	0,25	0,06	0,64383
3	0,1	0,045	0,85921

$$k = -1{,}315867\delta_{ут} - 1{,}2\lambda_{ут} + 1{,}0447967$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,87121	0,80542	0,73962	0,67383
0,04	0,86521	0,79942	0,73362	0,66783
0,045	0,85921	0,79342	0,72762	0,66183
0,05	0,85321	0,78742	0,72162	0,65583
0,055	0,84721	0,78142	0,71562	0,64983
0,06	0,84121	0,77542	0,70962	0,64383

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,01415	-4,43545	-5,64538	0,00049
0,04	0,01387	-5,18363	-6,13609	-0,10642
0,045	0,00000	-5,05769	-5,51994	-0,48127
0,05	-0,02462	-5,09959	-5,19290	-0,74193
0,055	-0,01051	-5,17048	-4,80716	-0,68483
0,06	0,01466	-4,78603	-4,41318	0,00051

Середнє розходження 2,6 %.
Максимальне розходження 6,1 %

Варіан 4
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,84133
2	0,25	0,06	0,64383
3	0,15	0,035	0,77121

$$k = -1{,}316667\delta_{ут} + 0{,}171467\lambda_{ут} + 0{,}9627087$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,1	0,15	0,2	0,25
0,04	0,83704	0,77121	0,70538	0,63954
0,045	0,83790	0,77207	0,70623	0,64040
0,05	0,83876	0,77292	0,70709	0,64126
0,055	0,83962	0,77378	0,70795	0,64212
0,06	0,84047	0,77464	0,70881	0,64297

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	3,93534	0,00000	-0,75370	5,08879
0,04	3,16981	-1,58513	-2,17358	4,00518
0,045	2,38032	-2,34431	-2,54239	2,64204
0,05	1,56913	-3,27972	-3,19951	1,36478
0,055	0,78481	-4,25832	-3,80873	0,37765
0,06	0,00039	-4,79685	-4,41907	0,00051

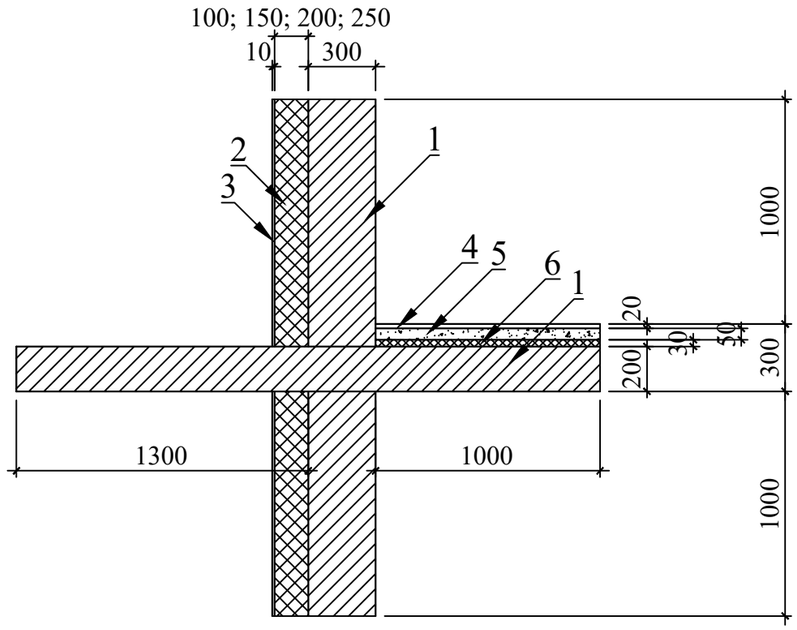
Середнє розходження 2,4 %.
Максимальне розходження 5,1 %

									601-БП.9555047.МР	
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013				
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів	
Керівник		Філоненко О.І.					МР	9	15	
Консультант										
Н.контроль						Вузол 4. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ			
Зав.кафедри		Семко О.В.								

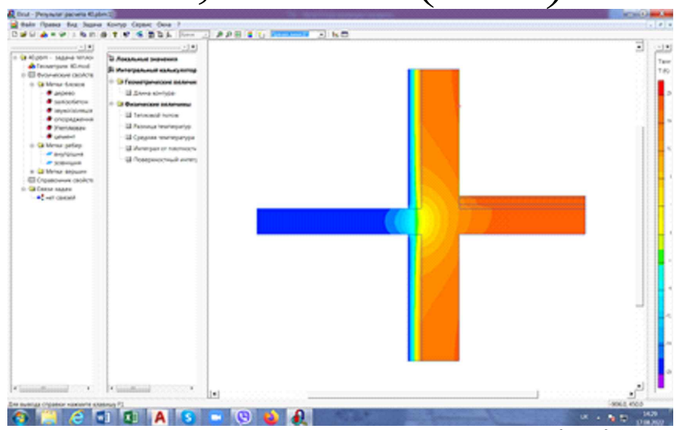
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Вузол 5

Розрахункова схема



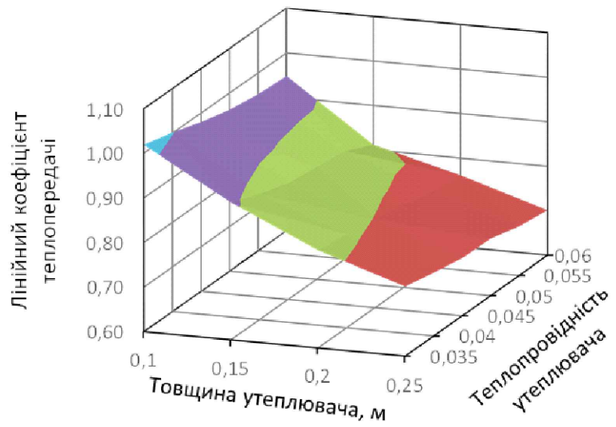
Температурне поле. δ=0,1м; λ=0,035 Вт/(м·К)



Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

λ_{ip}, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,01912	0,90840	0,81900	0,75650
0,04	1,00160	0,88189	0,80960	0,74211
0,045	0,97996	0,86098	0,79845	0,72900
0,05	0,96220	0,85177	0,78423	0,72780
0,055	0,95225	0,84229	0,76880	0,71000
0,06	0,94789	0,81144	0,76170	0,70110

Графік залежності k від δ та λ



Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Залізобетон	2500	2,04
2	Утеплювач		0,035; 0,04; 0,045; 0,05; 0,055; 0,06
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048

Варіан 1

Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	1,01912
2	0,1	0,06	0,94789
3	0,25	0,045	0,729

$$k = -1{,}744187\delta_{ут} - 2{,}8492\lambda_{ут} + 1{,}2932607$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,01912	0,93191	0,84470	0,75749
0,04	1,00487	0,91766	0,83046	0,74325
0,045	0,99063	0,90342	0,81621	0,72900
0,05	0,97638	0,88917	0,80196	0,71475
0,055	0,96214	0,87493	0,78772	0,70051
0,06	0,94789	0,86068	0,77347	0,68626

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00000	-2,58814	-3,13813	-0,13112
0,04	-0,32688	-4,05659	-2,57600	-0,15307
0,045	-1,08862	-4,92911	-2,22422	0,00001
0,05	-1,47391	-4,39117	-2,26124	1,79253
0,055	-1,03817	-3,87475	-2,46063	1,33691
0,06	0,00000	-6,06830	-1,54540	2,11640

Середнє розходження 2,1 %.
Максимальне розходження 6,1 %

						601-БП.9555047.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013		
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	10	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 5. Розрахункова схема. Характеристики матеріалів шарів. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

Вузол 5

Варіан 2
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,035	1,01912
2	0,25	0,035	0,7565
3	0,15	0,06	0,81144

$$k = -1{,}7508\delta_{ут} - 4{,}8056\lambda_{ут} + 1{,}362396$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,01912	0,93158	0,84404	0,75650
0,04	0,99509	0,90755	0,82001	0,73247
0,045	0,97106	0,88352	0,79598	0,70844
0,05	0,94704	0,85950	0,77196	0,68442
0,055	0,92301	0,83547	0,74793	0,66039
0,06	0,89898	0,81144	0,72390	0,63636

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,00000	-2,55174	-3,05739	0,00000
0,04	0,64976	-2,90989	-1,28607	1,29873
0,045	0,90779	-2,61841	0,30885	2,81975
0,05	1,57597	-0,90705	1,56510	5,96098
0,055	3,07083	0,80993	2,71488	6,98761
0,06	5,15988	0,00000	4,96258	9,23406

Середнє розходження 2,6 %.
Максимальне розходження 9,2 %

Варіан 3
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,25	0,035	0,7565
2	0,25	0,06	0,7011
3	0,1	0,045	0,97996

$$k = -1{,}637467\delta_{ут} - 2{,}216\lambda_{ут} + 1{,}2434267$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,00212	0,92025	0,83837	0,75650
0,04	0,99104	0,90917	0,82729	0,74542
0,045	0,97996	0,89809	0,81621	0,73434
0,05	0,96888	0,88701	0,80513	0,72326
0,055	0,95780	0,87593	0,79405	0,71218
0,06	0,94672	0,86485	0,78297	0,70110

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	1,66811	-1,30412	-2,36548	0,00001
0,04	1,05431	-3,09298	-2,18544	-0,44602
0,045	0,00000	-4,30982	-2,22472	-0,73250
0,05	-0,69424	-4,13687	-2,66546	0,62380
0,055	-0,58283	-3,99348	-3,28477	-0,30704
0,06	0,12343	-6,58171	-2,79287	0,00001

Середнє розходження 1,9 %.
Максимальне розходження 6,6 %

Варіан 4
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,1	0,06	0,94789
2	0,25	0,06	0,7011
3	0,15	0,035	0,9084

$$k = -1{,}645267\delta_{ут} + 1{,}710933\lambda_{ут} + 1{,}2150727$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	0,99066	0,90840	0,82614	0,74387
0,04	0,98211	0,89985	0,81758	0,73532
0,045	0,97355	0,89129	0,80903	0,72676
0,05	0,96500	0,88274	0,80047	0,71821
0,055	0,95644	0,87418	0,79192	0,70965
0,06	0,94789	0,86563	0,78336	0,70110

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м			
	0,1	0,15	0,2	0,25
0,035	2,79228	0,00000	-0,87139	1,66910
0,04	1,94602	-2,03601	-0,98592	0,91514
0,045	0,65370	-3,52048	-1,32473	0,30673
0,05	-0,29093	-3,63549	-2,07116	1,31777
0,055	-0,44050	-3,78627	-3,00702	0,04864
0,06	0,00000	-6,67784	-2,84408	0,00000

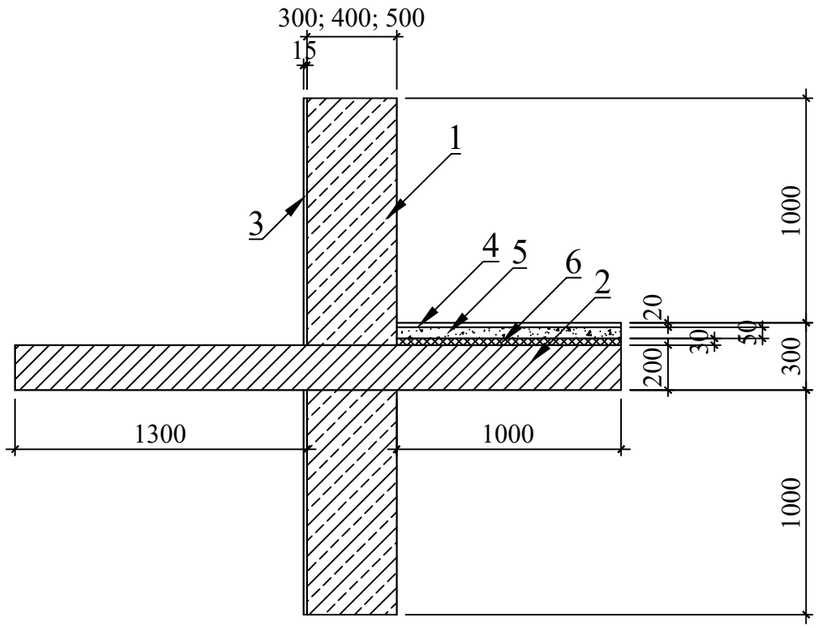
Середнє розходження 1,7 %.
Максимальне розходження 6,7 %

						601-БП.9555047.МР			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013			
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	11	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 5. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

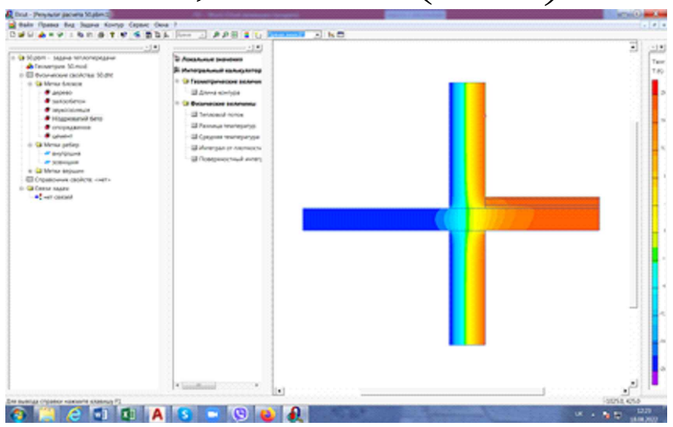
РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ

Вузол 6

Розрахункова схема



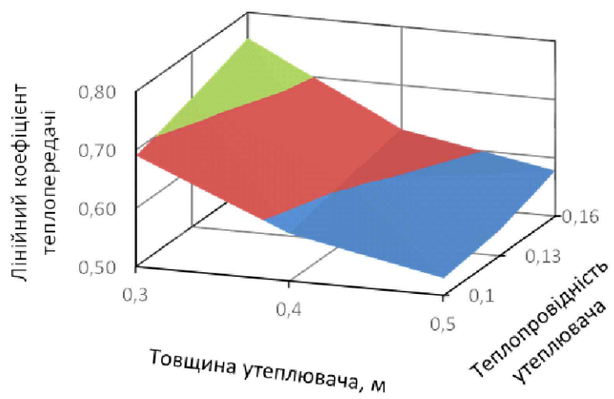
Температурне поле. δ=0,1м; λ=0,035 Вт/(м·К)



Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі

λ_{ip}, Вт/(м · К)	Лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,69001	0,58090	0,52944
0,13	0,72136	0,60599	0,54341
0,16	0,75621	0,62458	0,57787

Графік залежності k від δ та λ



Характеристики матеріалів шарів

№	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м^3	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Кладка з ніздрюватого бетону	Марка бетону D300; D400; D500	0,1; 0,13; 0,16
2	Залізобетон	2500	2,04
3	Опоряджувальна штукатурка	1300	0,64
4	Дерев'яне покриття підлоги	700	0,18 (поперек волокон); 0,35 (вздовж волокон)
5	Розчин цементно-піщаний	1800	0,93
6	Звукоізоляційний шар	100	0,048
	Кладка з ніздрюватого бетону	Марка бетону D300; D400; D500	0,1; 0,13; 0,16

Варіан 1
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,1	0,69001
2	0,3	0,16	0,75621
3	0,5	0,13	0,54341

$$k = -0{,}8985\delta_{ут} + 1{,}103333\lambda_{ут} + 0{,}8492267$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,69001	0,60016	0,51031
0,13	0,72311	0,63326	0,54341
0,16	0,75621	0,66636	0,57651

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,1	0,15	0,2
0,1	0,00000	-3,31554	3,61325
0,13	-0,24260	-4,50007	0,00000
0,16	0,00000	-6,68929	0,23535

Середнє розходження 2,1 %.
Максимальне розходження 6,7 %

						601-БП.9555047.МР	
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013	
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія: МР; Аркуш: 12; Аркушів: 15
Керівник		Філоненко О.І.					
Консультант							
Н.контроль						Вузол 6. Розрахункова схема. Характеристики матеріалів шарів. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ
Зав.кафедри		Семко О.В.					

Вузол 6

Варіан 2
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,1	0,69001
2	0,5	0,1	0,52944
3	0,4	0,16	0,62458

$$k = -0{,}80285\delta_{ут} + 0{,}247583\lambda_{ут} + 0{,}9061067$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,69001	0,60973	0,52944
0,13	0,69744	0,61715	0,53687
0,16	0,70486	0,62458	0,54429

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,00000	-4,96213	0,00000
0,13	3,31631	-1,84203	1,20397
0,16	6,78978	0,00000	5,81013

Середнє розходження 2,7 %.
Максимальне розходження 6,8 %

Варіан 3
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,5	0,1	0,52944
2	0,5	0,16	0,57787
3	0,3	0,13	0,72136

$$k = -0{,}838525\delta_{ут} + 0{,}807167\lambda_{ут} + 0{,}8679858$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,69715	0,61329	0,52944
0,13	0,72136	0,63751	0,55366
0,16	0,74558	0,66172	0,57787

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	-1,03404	-5,57626	0,00000
0,13	0,00000	-5,20100	-1,88532
0,16	1,40635	-5,94680	0,00000

Середнє розходження 2,3 %.
Максимальне розходження 5,9 %

Варіан 4
Координати точок.

Точка	Координати		
	Товщина утеплювача $\delta_{ут}$, м	Теплопровідність утеплювача $\lambda_{ут}$, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі k, Вт/(м · К)
1	0,3	0,16	0,75621
2	0,5	0,16	0,57787
3	0,4	0,1	0,5809

$$k = -0{,}8917\delta_{ут} + 1{,}435667\lambda_{ут} + 0{,}7940133$$

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	0,67007	0,58090	0,49173
0,13	0,71314	0,62397	0,53480
0,16	0,75621	0,66704	0,57787

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,3	0,4	0,5
0,1	2,88981	0,00000	7,12262
0,13	1,13951	-2,96705	1,58444
0,16	0,00000	-6,79817	0,00000

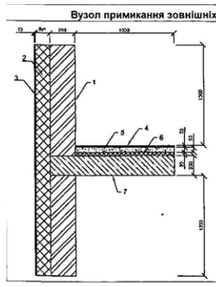
Середнє розходження 2,5 %.
Максимальне розходження 7,1 %

						601-БП.9555047.МР			
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013			
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 2. ОТРИМАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ, ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Філоненко О.І.					МР	13	15
Консультант									
Н.контроль						Вузол 6. Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі. Відсоток розходження.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Зав.кафедри		Семко О.В.							

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОТРИМАНИХ ЗА ФОРМУЛАМИ ЗІ ЗНАЧЕННЯМИ НАВЕДЕНИМИ У ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Вузол 1

За ДСТУ Б В.2.6-189:2013



Вузол примикання зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою до міжповерхового перекриття

1 – зегляна кладка, ρ = 1800 кг/м³;
2 – шар теплоізоляції;
3 – опоряджувальна штукатурка, ρ = 1300 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³.
7 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³.

	120 мм	150 мм	180 мм
0,040	0,080	0,073	0,062
0,045	0,087	0,082	0,069
0,050	0,094	0,090	0,076

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,8
0,04	0,08047	0,07157	0,06267
0,045	0,08752	0,07862	0,06972
0,05	0,09457	0,08567	0,07677

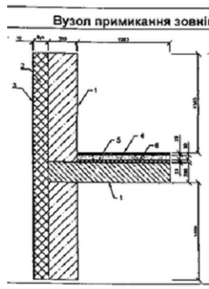
Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	-0,58500	1,95890	-1,08387
0,045	-0,59540	4,12195	-1,04638
0,05	-0,60426	4,81111	1,57436

Середнє розходження 1,8 %.
Максимальне розходження 4,8 %

Вузол 2

За ДСТУ Б В.2.6-189:2013



Вузол примикання зовнішніх стін із залізобетону з опорядженням штукатуркою до міжповерхового перекриття

1 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³;
2 – шар теплоізоляції;
3 – опоряджувальна штукатурка, ρ = 1300 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³.

	120 мм	150 мм	180 мм
0,040	0,090	0,074	0,062
0,045	0,100	0,082	0,069
0,050	0,110	0,090	0,076

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,8
0,04	0,087683	0,072627	0,057571
0,045	0,087518	0,07862	0,069722
0,05	0,094568	0,08567	0,076772

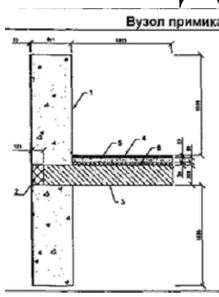
Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	2,574822	1,855878	7,144129
0,045	10,482	4,121951	-1,04638
0,05	11,02909	4,811111	-1,01579

Середнє розходження 4,8 %.
Максимальне розходження 11 %

Вузол 3

За ДСТУ Б В.2.6-189:2013



Вузол примикання зовнішніх стін із піздруватого бетону до міжповерхового перекриття

1 – кладка з піздруватого бетону;
2 – теплоізоляційний матеріал;
3 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³.

марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
D300	0,147	0,155	0,159
D400	0,166	0,175	0,179
D500	0,184	0,193	0,196

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,8
0,04	0,14712	0,153075	0,15903
0,045	0,16572	0,171675	0,17763
0,05	0,18432	0,190275	0,19623

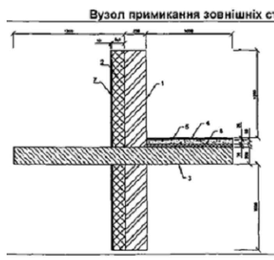
Середнє розходження 0,7 %.
Максимальне розходження 1,9 %

						601-БП.9555047.МР	
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013	
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОТРИМАНИХ ЗА ФОРМУЛАМИ ЗІ ЗНАЧЕННЯМИ НАВЕДЕНИМИ У ДСТУ Б В.2.6-189:2013	Стадія: МР; Аркуш: 14; Аркушів: 15
Керівник		Філоненко О.І.					
Консультант						Вузол 1, вузол 2, вузол 3.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ
Н.контроль							
Зав.кафедри		Семко О.В.					

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОТРИМАНИХ ЗА ФОРМУЛАМИ ЗІ ЗНАЧЕННЯМИ НАВЕДЕНИМИ У ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Вузол 4

За ДСТУ Б В.2.6-189:2013



Вузол примикання зовнішніх стін із цегли з опорядженням штукатуркою до балконного перекриття

1 – цегляна кладка, ρ = 1800 кг/м³;
2 – шар теплоізоляції;
3 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³;
7 – опоряджувальна штукатурка, ρ = 1300 кг/м³.

	120 мм	150 мм	180 мм
0,040	0,839	0,797	0,758
0,045	0,833	0,793	0,754
0,050	0,827	0,789	0,751

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,8
0,04	0,811567	0,772067	0,732567
0,045	0,812425	0,772925	0,733425
0,05	0,813282	0,773782	0,734282

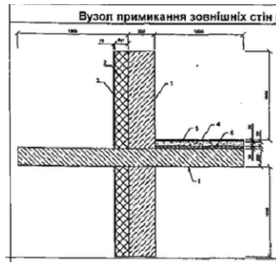
Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	3,269685	3,128315	3,355235
0,045	2,470027	2,531568	2,728826
0,05	1,658765	1,928771	2,2261

Середнє розходження 2,6 %.
Максимальне розходження 3,4 %

Вузол 5

За ДСТУ Б В.2.6-189:2013



Вузол примикання зовнішніх стін із залізобетону з опорядженням штукатуркою до балконного перекриття

1 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³;
2 – шар теплоізоляції;
3 – опоряджувальна штукатурка, ρ = 1300 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³.

	120 мм	150 мм	180 мм
0,040	0,977	0,922	0,869
0,045	0,970	0,916	0,865
0,050	0,963	0,911	0,860

Лінійні коефіцієнти, що визначені за формулою

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Лінійні коефіцієнти теплопередачі, Вт/(м · К), при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,8
0,04	0,949203	0,899845	0,850487
0,045	0,940649	0,891291	0,841933
0,05	0,932094	0,882736	0,833378

Відсоток розходження

Теплопровідність утеплювача, Вт/(м · К)	Відсоток розходження, %, при товщині утеплювача, м		
	0,12	0,15	0,18
0,04	2,845103	2,402893	2,130343
0,045	3,02591	2,697526	2,666745
0,05	3,209345	3,102525	3,095583

Середнє розходження 2,8 %.
Максимальне розходження 3,2 %

Вузол 6

За ДСТУ Б В.2.6-189:2013

Вузол примикання зовнішніх стін із ніздрюватого бетону до балконного перекриття

1 – залізобетон, ρ = 2500 кг/м³;
2 – кладка з ніздрюватого бетону;
3 – опоряджувальна штукатурка, ρ = 1300 кг/м³;
4 – дерев'яне покриття підлоги, ρ = 700 кг/м³;
5 – розчин цементно-піщаний, ρ = 1800 кг/м³;
6 – звукоізоляційний шар – мінераловатна плита, ρ = 100 кг/м³.

марка бетону	300 мм	400 мм	500 мм
D300	0,710	0,609	0,537
D400	0,718	0,616	0,543
D500	0,726	0,623	0,548

Середнє розходження 3,2 %.
Максимальне розходження 7 %

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дослідженнями теплопередачі в місцях теплопровідних включень займалося багато як вітчизняних так і закордонних науковців.

2. Розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів з теплопровідними включеннями за розрахунками температурних полів та за запропонованими формулами по всім розглянутим вузлам становить:

- Середнє – 2,6 %;
- Максимальне – 7 %.

1. Розходження між значеннями лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузлів з теплопровідними включеннями за ДСТУ Б В.2.6-189:2013 та за запропонованими формулами по всім розглянутим вузлам становить:

- Середнє – 2,7 %;
- Максимальне – 5,2 %.

2. Отримані формули дозволяють визначити значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі теплопровідних включень 6-ти вузлів наведених у ДСТУ Б В.2.6-189:2013 при любій товщині утеплювача та його теплопровідності.

						601-БП.9555047.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док	Підпис	Дата	Залежності для визначення лінійних коефіцієнтів теплопередачі типових теплопровідних включень за ДСТУ Б В.2.6-189:2013		
Розробив		Кіденко В.І.				РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ ЛІНІЙНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОТРИМАНИХ ЗА ФОРМУЛАМИ ЗІ ЗНАЧЕННЯМИ НАВЕДЕНИМИ У ДСТУ Б В.2.6-189:2013	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Фідоненко О.І.					МР	15	15
Консультант						Вузол 4, вузол 5, вузол 6.	НУПП ім. Юрія Кондратюка Кафедра БтаЦІ		
Н.контроль									
Зав.кафедри		Семко О.В.							