

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва і землеустрою
Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)
магістра

на тему: **Дослідження теплозахисних властивостей
цегляної кладки зовнішніх стін**

Виконав: студент 2 курсу, групи 2МБП
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія»

Кривенко І.В.

Керівник: к.т.н., доц. Авраменко Ю.О.

Зав. кафедри: д.т.н., проф. Семко О.В.

Полтава - 2022 року

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ.....	9
1.1. Енерговитрати в житлово-комунальному фонді України.	9
1.2. Державні програми України з енергозбереження.	11
1.3. Аналіз досліджень температурних полів огорожувальних конструкцій з теплопровідними ділянками.....	13
1.4. Висновки по розділу.	18
РОЗДІЛ 2. аналіз вологісного режиму зовнішніх стін полегшеної кладки при розташуванні утеплювача з внутрішньої сторони та всередині стіни	19
2.1. Розташування утеплювача	19
2.2. Методика розрахунку вологісного режиму цегляних стін полегшеної кладки.	20
2.3. Методика дослідження вологісного режиму цегляних стін полегшеної кладки	24
2.3. Висновки до розділу 2	33
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НЕОДНОРІДНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ.....	34
3.1. Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі неоднорідних огорожувальних конструкцій за ДБН В.2.6-31 2021. Теплова ізоляція та енергоефективність.....	34
3.2. Методика визначення приведенного опору теплопередачі неоднорідних огорожувальних конструкцій за розрахунком температурного поля	41

					<i>2МБП. 9976668. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кривенко І.В.</i>			<i>Дослідження теплозахисних властивостей цегляної кладки зовнішніх стін</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Авраменко Ю.О.</i>					4	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Семко О.В.</i>			<i>НУ «Полтавська політехніка» каф.БіЦІ</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Семко О.В.</i>						

3.2.1.	Джерела тепла	42
3.2.2.	Граничні умови	43
3.2.3.	Фізичні величини, що обчислюються.....	45
3.3.	Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі неоднорідних огорожувальних конструкцій, що базується на попередніх нормах (історична довідка).....	46
3.4.	Порівняльний аналіз розташування утеплювача між конструкційними цегляними шарами огорожувальної конструкції.....	49
3.5.	Розрахунки приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки за наведеними методиками	52
3.6.	Висновки по розділу 3	55

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЦЕГЛЯНИХ СТІН ПОЛЕГШЕНОЇ КЛАДКИ

4.1	Вибір меж параметрів, що впливають на приведений опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.	56
4.2.	Запропонована методика розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.	58
4.2.1.	Визначення залежності між приведеним опором теплопередачі та товщиною утеплювача в цегляній стіні полегшеної кладки.	58
4.2.2.	Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача... ..	64
4.2.3.	Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару.....	73

					2МБП. 9976668. ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кривенко І.В.			Дослідження теплозахисних властивостей цегляної кладки зовнішніх стін	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Авраменко Ю.О.					5	
Н. Контр.		Семко О.В.				НУ «Полтавська політехніка» каф.БіЦІ		
Затверд.		Семко О.В.						

4.2.4. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару.....	83
4.2.5. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару.....	91
4.2.6. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару.....	101
4.2.7. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості.....	111
4.2.8. Узагальнення методики визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.	126
4.2.9. Порівняльний аналіз визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки за методиками, що пропонуються.....	128
4.3. Висновки по розділу 4.	130
Загальні висновки.....	131
ЛІТЕРАТУРА	132

					<i>2МБП. 9976668. ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кривенко І.В.</i>			<i>Дослідження теплозахисних властивостей цегляної кладки зовнішніх стін</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Авраменко Ю.О.</i>					<i>6</i>	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Семко О.В.</i>				<i>НУ «Полтавська політехніка» каф.БіЦІ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Семко О.В.</i>						

ВСТУП

Актуальність теми. Найсуттєвіша економія утеплювача, цегли, цементу та інших матеріалів в будівництві досягається шляхом раціонального сполучення складових конструкцій для їх сумісної роботи. Ці фактори разом із прагненням замовника мати індивідуальні, пристосовані під конкретні завдання, проекти, ведуть до поширеного застосування цегляних стін полегшеної кладки.

Поліпшення теплозахисних властивостей огорожуючих традиційних конструкційних матеріалів і використання нових ефективних матеріалів зумовило широке поширення цегляних стін полегшеної кладки в сучасному будівництві. Але впровадження полегшеної кладки та її використання у сучасному будівництві виявили необхідність врахування нові фактори і поставили перед вченими і фахівцями принципово нові важливі завдання.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки виконується трудомісткою методикою розрахунку будівельних конструкцій.

Таким чином, створення нових та розвиток існуючих уточнених методів розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки, їх апробація і визначення меж застосування є важливим і актуальним завданням, вирішення якого має теоретичне і практичне значення.

Мета роботи полягає у розробці інженерної методики з розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.

Задачі досліджень:

1. Класифікувати типи зовнішніх цегляних стін полегшеної кладки.
2. Проаналізувати методи розрахунку приведенного опору за різними методиками, враховуючи існуючу нормативну базу та дослідження попередніх науковців.
3. Провести порівняльний аналіз методик розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.

										Арк
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ					

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ.

1.1. Енерговитрати в житлово-комунальному фонді України.

В Україні споживання енергетичних ресурсів розподіляється: на промисловість 28%, транспорт 32%, житловий фонд 40%. При цьому споживання енергії зростає щороку внаслідок, як розвитку промисловості та транспорту, так і щораз більшої кількості будинків. Таким чином, житлово-комунальний сектор – це найбільший споживач енергії.

В Україні житловий фонд становить близько 10,1 мільйонів будинків загальною площею понад 1 млрд. кв. м. В значній більшості існуючий фонд проектувався й будувався за принципами економії будівельних матеріалів, енергозатратних технологій і конструктивних рішень, і не передбачав у достатній мірі мінімізацію енерговитрат в період їх експлуатації.

Енергетична ефективність будівництва визначається ще й коштами експлуатації. Так, в 70-80 роках ХХ століття за опалювальний сезон питома витрата енергії на обігрівання 1 м² житла для будинків, побудованих раніше, складала 280 кВт год/м² в Англії, 360 кВт год/м² в Німеччині, 400 кВт год/м² в Польщі. В 90-х роках ХХ століття в Західній Європі цей показник сягав 120 кВт год/м², а згідно сучасних вимог – знизився до значень від 40 до 60 кВт год/м². В той же час, в Україні питома витрата теплової енергії на 1 м² житла становить для будинків, зведених у радянських період, багатоквартирних цегляних – 400 кВт год/м², багатоквартирних панельних – 600 кВт год/м², індивідуальних – навіть до 700 кВт год/м² [3]. Близько четвертої частина палива, що спалюється в Україні, витрачається для теплопостачання житлових будинків і громадських будівель.

									Арк
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будівель привили до того, що питома вага енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла складає 60-80%. На опалення житлового фонду щорічно витрачається понад 70 млн. т. у. п., тобто на одного мешканця припадає 1,4 т. у. п., що вдвічі більше, ніж у країнах ЄС. Найбільше на ці потреби витрачається природного газу, понад 14 млрд.м3, майже 75% якого імпортується за різко зростаючими цінами.

Україна лише на 43% може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. Основна частина цього потенціалу припадає на будівельну галузь. Так, на опалення 100 м2 загальної площі житлових та громадських будівель щорічно витрачається приблизно 6-9 т умовного палива, що в 1,5-3 рази більше, ніж в інших розвинутих країнах світу. Основним резервом енергозбереження в житловому та громадському будівництві є впровадження інноваційних проектів термомодернізації будівель із врахуванням досягнень проектного менеджменту.

Підприємства житлово-комунального господарства щорічно споживають понад 8 млрд. кВт. електроенергії та 10 млрд. м3 природного газу. Нераціональне та неефективне використання цих паливно-енергетичних ресурсів є однією з гострих проблем галузі.

Витрати палива на вироблення 1 Гкал тепла в комунальній енергетиці становлять у середньому по Україні близько 170 кг у. п., у розвинутих країнах - 145-150 кг у. п. Великі обсяги споживання та втрат енергоносіїв безпосередньо в житловому фонді країни, загальна площа якого досягла 1,031 млн. м2.

Таким чином, енергетичні характеристики будинки формують як макроекономіку країни, так і структуру будівельної галузі, починаючи від номенклатури будівельних матеріалів і конструкцій, що пропонуються учасниками вітчизняного будівельного ринку, і закінчуючи конструктивними особливостями кінцевого продукту цього ринку – будинків і споруд.

									Арк
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

Житлово-комунальне господарство України є одним з найбільшим енергоємних секторів національної економіки. У нашій країні переважна більшість енергії витрачається тільки на опалення приміщень при низькій степені забезпечення комфортних і вологісних параметрів. У загальній структурі споживання енергії у будівельному комплексі основна частина витрачається на експлуатацію будинків. Із структури витрат енергії при експлуатації будинків впливає, що найбільший енергетичний ефект дає зниження витрат на опалення будинків.

Досягти зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів, які витрачаються на експлуатацію житлових будинків, можливо лише при комплексному підході до енергозбереження за рахунок теплової санації та модернізації, удосконалення архітектурно-планувальних, конструктивних рішень і інженерного обладнання будівель з урахуванням кліматичних, техніко-економічних, соціальних і екологічних особливостей. Реалізація програми енергозбереження позитивно вплине на стан екології населених пунктів, значно зменшить енергозалежність країни від зовнішніх чинників, покращить економічні умови розвитку країни.

Ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі є надзвичайно важливим завданням на шляху до забезпечення соціально-економічного розвитку та енергетичної незалежності України в цілому. Враховуючи практику проектування і експлуатації будівель, одним із основних напрямків економії енергії є розробка нових типів.

1.2. Державні програми України з енергозбереження.

Будівництво з оптимізованим енергетичним потенціалом, тобто раціональним використанням енергетичних ресурсів у житлово-комунальному секторі - це один з найважливіших пріоритетів державної політики України, що визначає гостру необхідність ширшого впровадження енергозберігаючих технологій у будівництві та розробки національної програми

									Арк
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

термомодернізації з врахуванням екологічних аспектів та аудиту і дозволяє разом із скороченням матеріальних і енергетичних ресурсів також суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища. Ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі є надзвичайно важливим завданням на шляху до забезпечення соціально-економічного розвитку та енергетичної незалежності України в цілому. Максимально можливий вклад енергозберігаючих заходів із зменшення річної потреби тільки на опалення житлових та громадських будинків в Україні складає на рівні 800 млн. ГДж. Тому першочерговим завданням капітального та житлового будівництва є розробка національної програми енергозбереження шляхом термомодернізації, створення системи енергетичного аудиту та енергетичного паспорту будинків.

З метою зниження рівня енергоспоживання будинків і наближення норм Енергоспоживання України до норм високорозвинених країн Західної Європи Міністерство України у справах будівництва і архітектури, як перші кроки, розробило і прийняло такі нормативні документи:

«Контрольні показники питомих витрат теплоти на опалення житлових будинків і блоксекцій» та «Контрольні показники річних витрат тепла на опалення житлових будинків і блоксекцій». Наказ № 253 від 30 грудня 1993 р. (Додаток 6);

«Контрольні показники питомих витрат теплоти на опалення громадських споруд». Наказ №105 від 29 грудня 1994 р. (додаток 6);

«Нормативи опору теплопередачі зовнішніх захисних конструкцій житлових і цивільних будинків при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті» Наказ №247 від 27 грудня 1993 р. (додаток 4).

Вказані вище нормативні документи впроваджуються в будівництво дуже повільно у зв'язку з відсутністю коштів та відсутністю механізму контролю за їхнім впровадженням.

У 1995 р. Верховною Радою України створено Державний комітет з енергозбереження. У 1996 р. розроблена комплексна державна програма з

									Арк
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

енергозбереження (КДПЕ). Вона містить найважливіші заходи з питань енергозбереження, які дають вагомий народногосподарський ефект. Програма енергозбереження в будівництві першим пунктом розглядає питання підвищення теплоізоляції або інакше – підвищення термічних опорів стін і покрівлі, вікон, теплопроводів. За результатами впровадження таких заходів з енергозбереження в Україні передбачається економія паливно-енергетичних ресурсів в об'ємі 39 млн. тонн палива в умовному обчисленні.

1.3. Аналіз досліджень температурних полів огорожувальних конструкцій з теплопровідними ділянками.

Для виконання досліджень з енергозбереження та мінімізації тепловтрат крізь зовнішні огорожувальні конструкції, особливо у місцях теплопровідних включень та ділянок зі складною конфігурацією стін застосовують різноманітні методи розрахунку.

Розрахунок температурного поля є найбільш точним методом оцінки теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями. Цей розрахунок дозволяє визначати:

- приведений опір теплопередачі;
- середній тепловий потік, що проходить крізь огороження;
- середню температуру поверхні;
- мінімальну температуру поверхні;
- локальні значення температур.

Дослідженнями температурних полів зовнішніх огорожувальних конструкцій займалися багато дослідників. Так дослідження температурних полів зовнішніх стін будівель найбільш повно представлені у роботах науково-дослідного інституту будівельної фізики, а також у роботах Хуторного А.Я. Кузіна Н.А. Цветкова Т.А. Мирошніченко А.В.. Нижче наведено температурне поле стику зовнішніх стінових панелей (рисунок 1.1).

									Арк
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

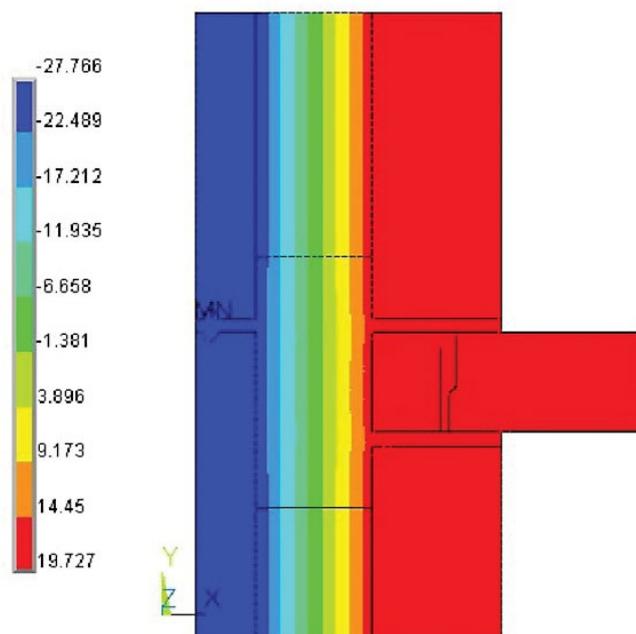


Рисунок 1.1 Стик зовнішніх стінових панелей.

Дослідження температурних полів примикання вікна до стіни представлені у роботі. На рисунках 1.2 та 1.3 наведені температурні поля примикання вікна до стіни.

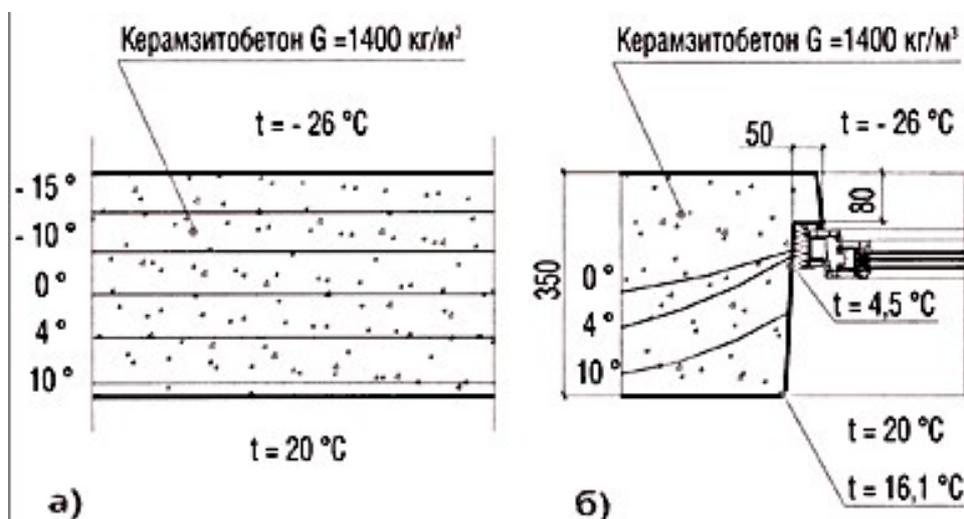


Рисунок 1.2. Температурне поле в зовнішній стіні з одношарових керамзитобетонних панелей: а) на суцільній ділянці; б) у вузлі примикання до вікна

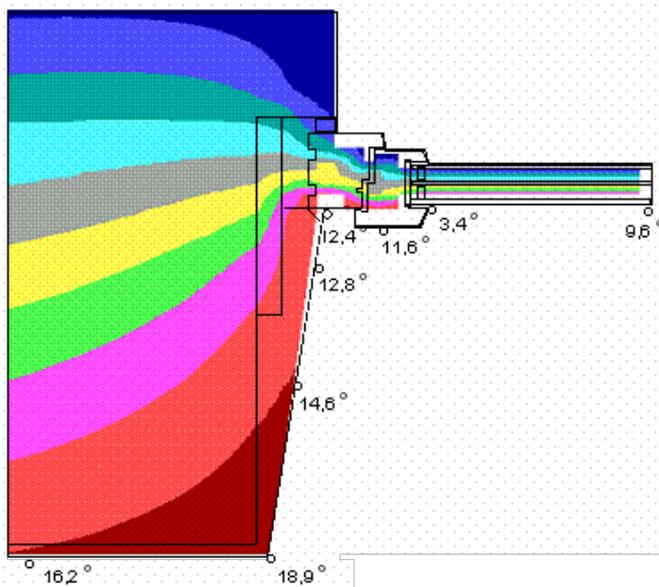


Рисунок 1.3. Температурний режим у вузлі примикання вікна до зовнішньої стіни

Дослідження температурних полів у зовнішніх кутах огорожувальних конструкцій представлені у [40, 70, 71, 73]. На рисунку 1.4 представлені температурні поля у зовнішніх кутах огорожувальних конструкцій різної конфігурації

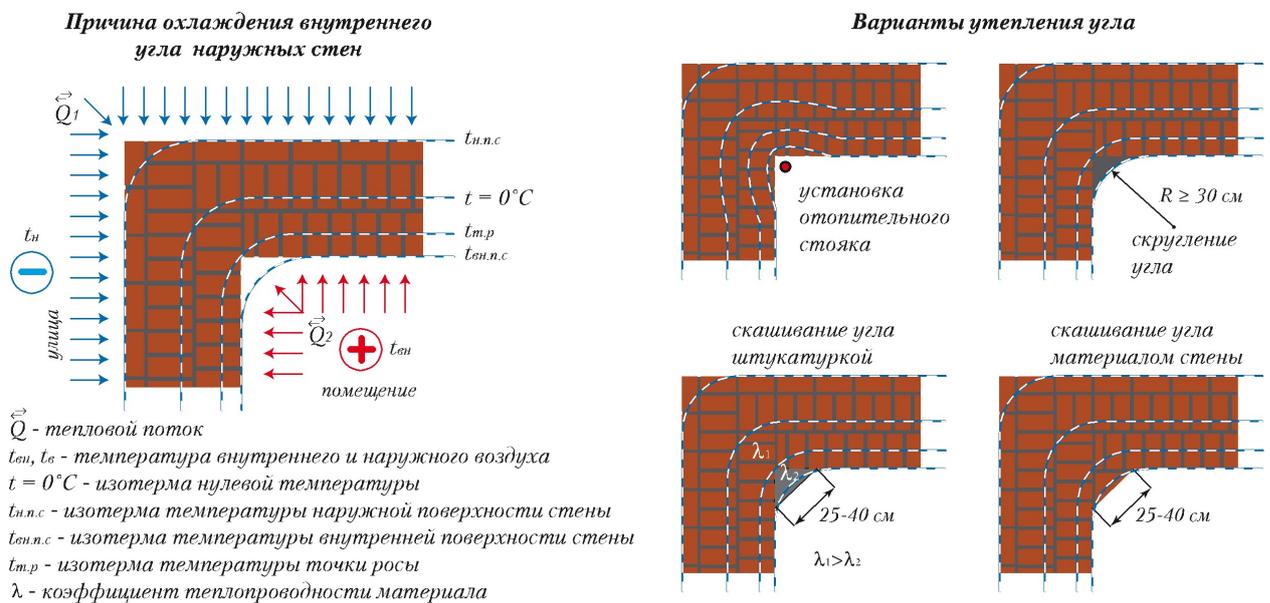


Рисунок 1.4. Температурні поля у зовнішніх кутах огорожувальних конструкцій

Дослідженням температурного поля з осісиметричними теплопровідними включеннями присвячені роботи Кувшинова Ю.Я. [29, 30].

Аналізом температурних полів зі стрижневими теплопровідними включеннями займалися Кувшинов Ю.Я., Малявіна Е. Г., Кузин А.Я. та інші автори [42, 47, 61, 92].

Метод розрахунку температурних полів у закордонних нормах регламентується наступними документами [22, 39].

Дослідженнями розподілу температури у місцях примикання перекриття до стін займалися Гагарін В.Г., Дмитрієв К.А. Корнієнко С.В. [49-51], із закордонних авторів Brunner C. U., Mainka G. W., Staelens P., Hauser G. та інші [52-56]. На рисунку 1.5 наведено приклад розрахунку двовірного температурного поля вузла з'єднання горіщних стін з конструкцією перекриття.

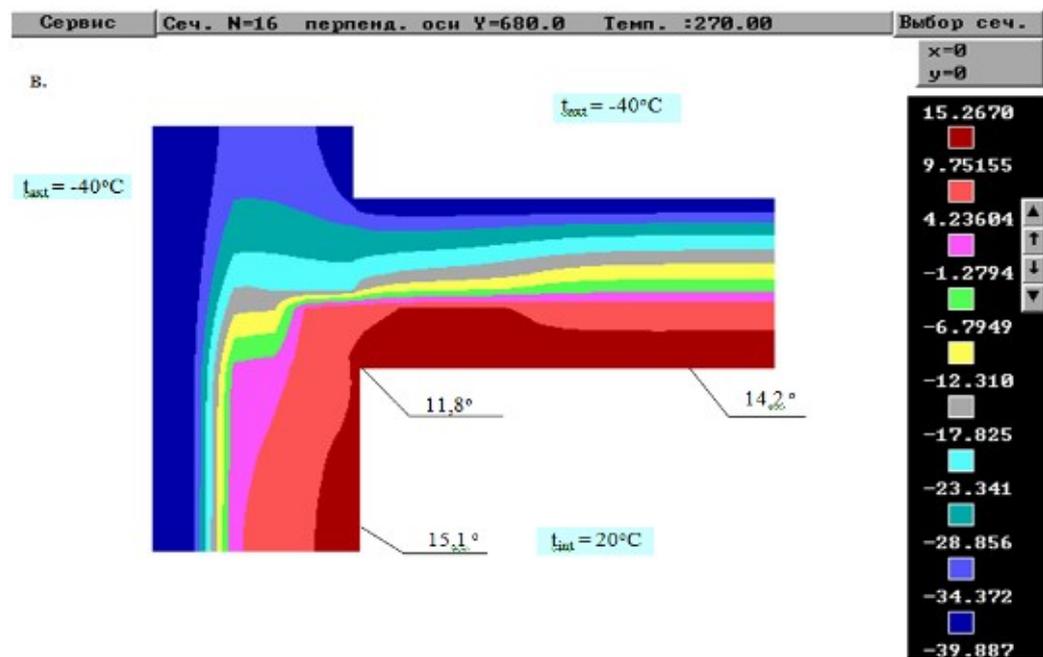


Рисунок 1.5. Приклад розрахунку двовірного температурного поля вузла з'єднання горіщних стін з конструкцією перекриття

Дослідженням приведеного опору теплопередачі блоків «Дюросол» займалися В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, И.С. Курилюк, Н.А. Реутова. [74]. На

рисунку 1.6 наведено температурне поле блоку «Дюросол» утеплене шаром пінополістиролу.

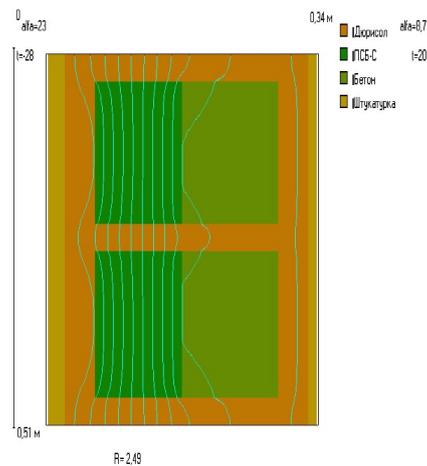


Рисунок 1.6. Температурне поле блоку «Дюросол» с товщиною шару бетону 120 мм и шару пінополістиролу 105 мм. Внутрішній опоряджувальний шар з цементно-піщаного розчину товщиною 10 мм, зовнішній – 20 мм.

Дослідження температурних полів огорожувальних конструкцій можливо виконувати не лише за допомогою теоретичних розрахунків а і інструментальними методами. Результати цих досліджень висвітлені у роботах [36, 37, 69, 76, 78]. Ці методи набули значного поширення у західно-європейській практиці та регламентуються наступними нормативними документами [21, 23, 24, 58, 59, 77] та американськими стандартами [25-27]. На рисунку 1.7 наведено приклад використання цього методу.



Рисунок 1.7 Приклад використання тепловізора

						2МБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

1.4. Висновки по розділу.

1. Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будівель від питомої ваги енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла складає близько 60 %.
2. Для зниження енергетичних витрат на опалення будинків необхідно більш точно визначати опір теплопередачі огороджувальних конструкцій особливо у місцях наявності теплопровідних включень та на ділянках зі складною конфігурацією.
3. Теплозахисним якостям ділянок зовнішніх стін складної конфігурації, у попередніх дослідженнях не приділялося достатньої уваги.
4. Найбільш точним методом визначення теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін зі складною конфігурацією є розрахунок температурного поля.

					2мБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ЗОВНІШНІХ СТІН ПОЛЕГШЕНОЇ КЛАДКИ ПРИ РОЗТАШУВАННІ УТЕПЛЮВАЧА З ВНУТРІШНЬОЇ СТОРОНИ ТА ВСЕРЕДИНИ СТІНИ

2.1. Розташування утеплювача

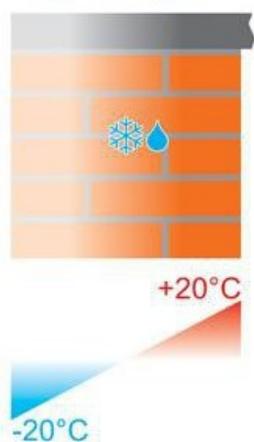
В даній роботі розглядалося два варіанта утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій:

Перший варіант – утеплення з внутрішньої сторони огорожуючої конструкції.

Другий варіант – розташування утеплювача всередині полегшеної цегляної кладки.

Розрахункові схеми даних варіантів утеплення наведені на рисунку 2.1.

а)



б)

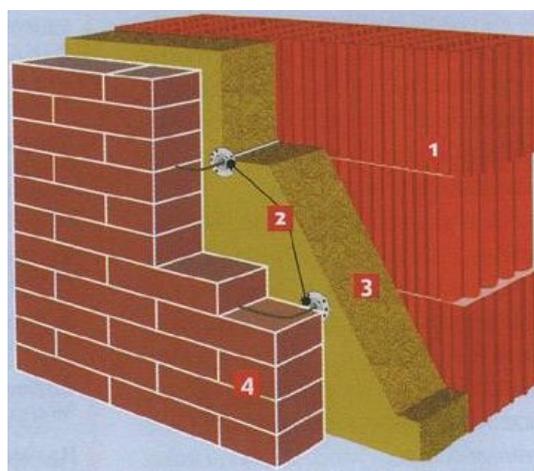


Рисунок 2.1 Варіанти утеплення цегляних стін

В якості утеплювача приймалися мінеральна вата щільністю 80 кг/м^3 та пінополістирол щільністю 50 кг/м^3 . Для визначення товщини утеплювача були виконані теплотехнічні розрахунки за методикою, що наведена нижче.

										Арк
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.2 Методика розрахунку вологісного режиму цегляних стін полегшеної кладки.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}}, \quad (2.1)$$

$$\Delta t_{\text{пр}} \leq \Delta t_{\text{ст}}, \quad (2.2)$$

$$\tau_{\text{в min}} > t_{\text{min}}. \quad (2.3)$$

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції (для термічно однорідних огорожувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, ($\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$);

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огорожувальної конструкції, ($\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$);

$\Delta t_{\text{пр}}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, (°С);

$\Delta t_{\text{ст}}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, (°С);

$\tau_{\text{в min}}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних включень в огорожувальній конструкції, (°С);

t_{min} – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, (°С).

									Арк
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

Розрахунки виконувалися для кліматичних умов Полтавської області для житлового будинку.

Розрахунок виконувався за допомогою програми «Теплотехнічний розрахунок» реалізований в Excel». Результати розрахунку при утепленні мінеральною ватою наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків.

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків	
Введіть:	
Якщо:	
1) Житловий будинок – 1	
2) Дошкільна установа – 2	
3) Школа, інтернат – 3	
4) Громадські будинки, крім зазначених вище та адміністративні – 4	
Розрахункова температура внутрішнього повітря	20 °С
Відносна вологість внутрішнього повітря	55%
Тепловологістний режим приміщення	нормальний
Вологістні умови експлуатації матеріалу огорожувальної конструкції	Б
Введіть:	
Якщо:	
1) Зовнішні стіни – 1	

	шарів огороджувальної конструкції		матеріалів Вт/(м·К)	м ² ·К/Вт
1)	Розчин вапняно – піщаний	0,02	0,93	0,021505376
2)	Цегла глиняна звичайна на цементно – піщаному розчині	0,38	0,81	0,469135802
3)	Повітряний прошарок	0,04	0,242099	0,165221666
4)	Цегла глиняна звичайна на цементно – піщаному розчині	0,12	0,81	0,148148148
Коефіцієнт теплообміну на внутр. поверхні огороження				8,7 Вт/(м²·К)
Коефіцієнт теплообміну на зовн. поверхні огороження				23 Вт/(м²·К)
Загальний термічний опір огороджувальної конструкції (без шару утеплювача)				0,804 м²·К/Вт
Мінімальна товщина утеплювача, що забезпечує мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції				0,1052 м
Мінімальна товщина утеплювача, що забезпечує максимально – допустиму за санітарно – гігієнічними вимогами різницю між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції				0,011 м

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9976668. ПЗ

Арк

23

огороджувальної конструкції. Парціальний тиск водяної пари в товщі шару матеріалу в перерізі x , Па, визначається за формулою:

$$e(x) = e_b - \frac{e_b - e_3}{R_{e\Sigma}} R_{ex} \quad (2.5)$$

де e_b – парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря, Па, що визначається за розрахунковим значенням відносної вологості, φ_{b0} , залежно від призначення будинку згідно зі значенням парціального тиску насиченої водяної пари, E_b , що залежить від температури, визначається за формулою:

$$e_b = 0,01\varphi_{b0}E_b \quad (2.6)$$

де e_3 – парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря, що визначається для періоду найбільш холодного місяця року, Па;

$R_{e\Sigma}$ – опір паропроникненню огорожувальної конструкції, м²год Па/мг;

R_{ex} – опір паропроникненню огорожувальної конструкції на відстані x від внутрішньої поверхні, м² год Па/мг.

Парціальний тиск насиченої водяної пари, $E(x)$, Па, визначається згідно довідкових даних залежності $E(t)$ по розподілу температури в товщі конструкції $t(x)$, що розраховується за формулою:

$$t(x) = t_e - \frac{t_e - t_{ze}}{R_\Sigma} \left(\frac{1}{\alpha_b} + R_x \right) \quad (2.7)$$

де t_{ze} – розрахункова температура зовнішнього повітря для процесу накопичення вологи в конструкції, що визначається для періоду найбільш холодного місяця року, °С,

R_x – термічний опір частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до перерізу x , м²·К/Вт.

Опір паропроникненню огорожувальної конструкції та окремих її шарів розраховується за формулами:

$$R_{e\Sigma} = \sum_{s=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (2.8)$$

									2МБП. 9976668. ПЗ	Арк
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$R_{e_x} = \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\mu_i} + \frac{x - \sum_{i=1}^m \delta_i}{\mu_{m+1}}. \quad (2.9)$$

де n – загальна кількість шарів в конструкції;

m – кількість повних шарів від внутрішньої поверхні до перерізу x ;

δ_i – товщина i -го шару, м;

μ_i – паропроникність матеріалу i -го шару, мг/(м год Па);

μ_{m+1} – паропроникність матеріалу шару, мг/(м·год·Па), де розташований переріз x .

У разі $e(x) < E(x)$ для будь-якого $x \in [0, \delta]$ умова за формулою (2.5) вважається виконаною.

У разі $e(x) = E(x)$ у будь-якому з перетинів огорожувальної конструкції проводиться розрахунок приросту вологи у шарі матеріалу Δw , у якому відбувається конденсація вологи (у разі розташування зони конденсації на межі шарів – приріст розраховується для шару прилеглого до зони конденсації з боку внутрішньої поверхні) за формулою:

$$\Delta w = \frac{P}{\delta_k \rho_k} 100. \quad (2.10)$$

де P – кількість вологи, що конденсується у товщі огорожувальної конструкції за період накопичення вологи в конструкції, кг/м², що розраховується за формулою:

$$P = \left(\frac{e_v - e_k}{R_{e_k}} - \frac{e_k - e_z}{R_{e_\Sigma} - R_{e_k}} \right) Z \cdot 10^{-6}. \quad (2.11)$$

де e_k – парціальний тиск водяної пари, Па, у зоні конденсації, що визначається за формулою (2.6);

R_{e_k} – опір паропроникненню частини огорожувальної конструкції від внутрішньої поверхні до зони початку конденсації, м² год Па/мг, що визначається за формулою (2.9);

R_{e_Σ} – те саме, що у формулі (2.8);

										Арк
										26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ					

№	Найменування шарів огороджуючої конструкції	Товщина шарів, м	Щільність кг/м ³	R _λ	R _μ	R _t	R _p	Допустим збільшення вологості матеріалу, %
1)	Цегла звичайна	0,51	1800	0,81	0,11	0,63	4,64	1,5
2)	Мінеральна вата	0,11	80	0,045	0,49	2,44	0,23	2
3)	Вапняно-піщаний розчин	0,02	1800	0,93	0,09	0,22	0,22	2,5

Загальний термічний опір огороджуючої конструкції

3,0956 м²·К/Вт

Опір теплопередачі огороджуючої конструкції

3,254 м²·К/Вт

Опір паропроникнення огороджуючої конструкції

5,083 м²·год·Па/мг

Місяць січень (январь)

Значення у перетинах

№	Температура, °С	Парціальний тиск насиченої водяної пари	Парціальний тиск водяної пари	Чи відбувається конденсація	Кількість вологи, що надходить до перетину	Кількість вологи, що виходить до перетину	Кількість вологи, що конденсується	Підвищення вологості матеріалу	Нормативна вимога
1)	19,096	2212,3	1287,0	ні	-	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

2МБП. 9976668. ПЗ

Арк

28

2)	18,927	2189,0	1244,9	ні	-	-	-	-	-
3)	-0,304	596,86	1202,4	так	1544,9	58,695	1,1057	12,565	не вик.
4)	-5,258	393,42	324,8	ні	-	-	-	-	-

Розрахунок вологісного режиму багатошарової огороджуючої конструкції протягом року наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Розрахунок вологісного режиму багатошарових огороджувачих конструкцій протягом року

Схема	Матеріал утеплюва ча	Кількість вологи, що конденсується в утеплювачі, кг/м ²												Бал анс вол оги за рік
		Місяць року												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Мінвата	1,106	1,047	0,695	-0,178	-1,084	-1,639	-1,981	-1,832	-0,891	-0,008	0,623	0,961	-3,181
	Пінополіс терол	0,168	0,155	0,083	-0,109	-0,304	-0,406	-0,471	-0,447	-0,247	-0,059	0,075	0,141	-1,421
2	Мінвата	0,049	0,029	-0,054	-0,32	-0,601	-0,697	-0,768	-0,761	-0,466	-0,203	-0,034	0,025	-3,801
	Пінополіс терол	-0,002	-0,02	-0,09	-0,323	-0,556	-0,64	-0,696	-0,695	-0,439	-0,212	-0,067	-0,02	-3,76

Результати розрахунку огороджувальної конструкції при утепленні всередині цегляної полегшеної кладки у січні наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4

Розрахунок вологісного режиму багат шарових огорожуючих конструкцій у січні місяці

Розрахунок вологісного режиму багат шарових огорожуючих конструкцій								
Середньомісяч на температура зовнішнього повітря, °С		Відносна вологість зовнішнього повітря, %		Парціальний тиск насиченої водяної пари зовнішнього повітря, Па			Парціальний тиск насиченої водяної пари зовнішнього повітря, Па	
Розрахункова температура внутрішнього повітря							20 °С	
Відносна вологість внутрішнього повітря							55 %	
Парціальний тиск насиченої водяної пари внутрішнього повітря							2340 Па	
Парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря							1287 Па	
Коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні							8,7 Вт/(м ² ·К)	
Коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні							23 Вт/(м ² ·К)	
№	Найменування шарів огорожуючої конструкції	Товщина шарів, м	Щільність кг/м ³	R _λ	R _μ	R _t	R _p	Допустим збільшення вологості матеріалу, %
1)	Цегла звичайна	0,51	1800	0,81	0,11	0,63	4,64	1,5

					2МБП. 9976668. ПЗ				Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					30

2)	Мінеральна вата	0,11	80	0,045	0,49	2,44	0,23	2
3)	Цегла звичайна	0,51	1800	0,81	0,11	0,63	4,64	1,5
4)	Вапняно-піщаний розчин	0,02	1800	0,93	0,09	0,22	0,22	2,5

Загальний термічний опір огорожуючої конструкції

3,4164 м²·К/Вт

Опір теплопередачі огорожуючої конструкції

3,6982 м²·К/Вт

Опір паропроникнення огорожуючої конструкції

5,8645 м²·год·Па/мг

Місяць січень (январь)

Значення у перетинах

<i>№</i>	<i>Температура, °С</i>	<i>Парціальний тиск насиченої водяної пари</i>	<i>Парціальний тиск водяної пари</i>	<i>Чи відбувається конденсація</i>	<i>Кількість вологи, що надходить до перетину</i>	<i>Кількість вологи, що виходить до перетину</i>	<i>Кількість вологи, що конденсується</i>	<i>Підвищення вологості матеріалу</i>	<i>Нормативна вимога</i>
1)	20,164	2342,1	1321,7	ні	-	-	-	-	-
2)	19,012	2189,0	1287,5	ні	-	-	-	-	-
3)	-0,269	2042	1230,2	ні	-	-	-	-	-
4)	-0,722	678,86	1218,6	так	1487,9	51,271	0,864	8,635	не вик.
5)	-4,761	492,48	368,6	ні	-	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9976668. ПЗ

Арк

31

Для визначення кращого варіанту утеплення цегляних стін полегшеної кладки та зменшення вологонакопичення огорожуючої конструкції розраховуємо огорожуючу конструкцію з розміщенням утеплювача всередині цегляної кладки.

Розрахунок вологісного режиму багатошарової огорожуючої конструкції протягом року наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Розрахунок вологісного режиму багатошарових огорожуючих конструкцій протягом року

Схема	Матеріал утеплювача	Кількість вологи, що конденсується в утеплювачі, кг/м ²												Баланс вологи за рік
		Місяць року												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Мінвата	2,076	1,642	1,435	-0,354	-1,471	-1,798	-2,169	-1,983	-1,263	-0,788	0,634	1,285	-2,871
	Пінополістерол	0,339	0,098	0,061	-0,122	-0,365	-0,501	-0,589	-0,278	-0,267	-0,034	0,098	0,181	-1,219
2	Мінвата	0,032	0,020	-0,084	-0,412	-0,713	-0,782	-0,865	-0,802	-0,543	-0,382	-0,106	0,028	-2,801
	Пінополістерол	-0,102	-0,021	-0,019	-0,423	-0,656	-0,682	-0,686	-0,699	-0,539	-0,181	-0,052	-0,012	-2,082

2.3 Висновки до розділу 2

1. Для зниження енергетичних витрат на опалення будинків та зменшення вологонакопичення огорожуючих конструкцій необхідно більш точно визначати опір вологонакопиченню огорожуючих конструкцій особливо у місцях наявності теплопровідних включень та на ділянках зі складною конфігурацією.
2. Беручи до уваги різні місця розміщення утеплювача та розрахувавши ці конструкції за допомогою програмного комплексу «Excel», можна зробити висновок, що утеплювач треба розташовувати всередині цегляної кладки.
3. Найбільш точним і простим методом розрахунку вологісного стану багат шарової огорожуючої конструкції є розрахунок за методикою розташованою вище.

					2мБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НЕОДНОРІДНИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1 Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі неоднорідних огороджувальних конструкцій за ДБН В.2.6-31 2021. Теплова ізоляція та енергоефективність

Опір теплопередачі термічно-однорідної непрозорої огороджувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$, α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м²·К);

- R_i – термічний опір i -го шару конструкції, м²·К/Вт;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації Вт/(м·К);

Приведений опір теплопередачі термічно-неоднорідної непрозорої огороджувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{j=1}^J \frac{R_j F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (3.2)$$

де R_j – термічний опір термічно однорідної зони, що визначається експериментально або на підставі результатів розрахунків двомірного (тримірного) температурного поля й розраховується за формулою:

$$R_j = \frac{\bar{t}_{\text{в}j} - \bar{t}_{\text{з}j}}{q_j} \quad (3.3)$$

де $\bar{t}_{\text{в}j}$, $\bar{t}_{\text{з}j}$ – середні температури внутрішньої і зовнішньої поверхні термічно однорідної зони, °С, відповідно;

q_j – густина теплового потоку через термічно однорідну зону, Вт/м²;

									Арк
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

F_j – площа j -ї термічно однорідної зони, м²;

F_{Σ} – площа огорожувальної конструкції, м².

Для замкнених повітряних прошарків R_j визначається згідно з табл.3.1, 3.2.

Таблиця 3.1

- Термічний опір замкненого повітряного прошарку, м²•К/Вт, залежно від розміщення в конструкції

Товщина повітряного прошарку	Розміщення прошарку			
	горизонтальне при потоці тепла знизу вгору та вертикальне		горизонтальне при потоці тепла згори донизу	
	середня температура повітря у прошарку			
	≥ 0 °С	< 0 °С	≥ 0 °С	< 0 °С
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2-0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Таблиця 3.2

- Термічний опір замкненого повітряного прошарку, м²•К/Вт, при встановленні відбивної ізоляції

Кількість прошарків (від 3 до 10 мм)	Середня температура повітря прошарку	Тип відбивної ізоляції, товщина вспіненого шару, мм					
		А (одностороння)*			Б (двостороння)		
		3	5	10	3	5	8
1	≥ 0 °С	0,34	0,48	0,84	-	-	-
1	< 0 °С	0,3	0,4	0,79	-	-	-
2	≥ 0 °С	0,79	1,0	1,3	0,85	1,39	1,49
2	< 0 °С	0,64	0,79	1,2	0,82	1,25	1,4

Для конструкцій з визначеними значеннями лінійного коефіцієнту теплопередачі теплопровідних включень, k_j , Вт/(м К), відповідно до табл.3.3 приведений опір теплопередачі розраховується за формулою:

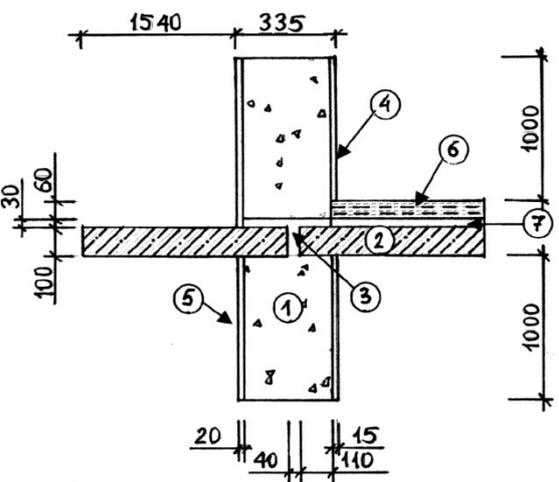
$$R_{np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{\Sigma i}} F_i + \sum_{j=1}^m k_j L_j} \quad (3.4)$$

де k_j – лінійний коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м · К), j -го теплопровідного включення, для конструкцій, що не включені в таблицю 3.3, значення цього показника визначаються за результатами розрахунків двовірних (тривірних) температурних полів;

- L_j – лінійний розмір, м, j -го теплопровідного включення за внутрішньою поверхнею термічно неоднорідної огорожувальної конструкції.

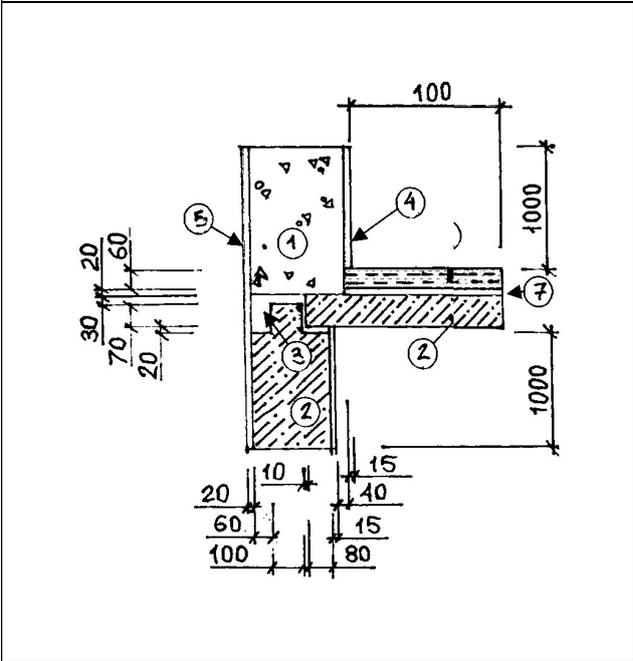
Таблиця 3.3

Значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі (k) вузлів сполучення огорожувальних конструкцій

Тип вузла	Конструктивні елементи вузла	k вузла, Вт/(м · К)
<u>1. Вузол сполучення балконної плити та зовнішніх стінових панелей</u>		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>керамзитобетон</u>, $\gamma=1200$ кг/м³. 2. <u>залізобетон</u>, $\gamma=2500$ кг/м³. 3. <u>Цементно-піщаний (далі -ЦП) розчин</u>, $\gamma=1600$ кг/м³. 4. <u>ЦП штукатурка</u>, $\gamma=1600$ кг/м³. 5. <u>опоряджувальний шар</u>, $\gamma=1800$ кг/м³. 6. <u>гіпсова плита</u>, $\gamma=1200$ кг/м³. 7. <u>повітряний прошарок</u>. 	$k_{\text{балкон}} = 0,4$ 4

Тип вузла	Конструктивні елементи вузла	k вузла, Вт/(мК)
-----------	------------------------------	------------------

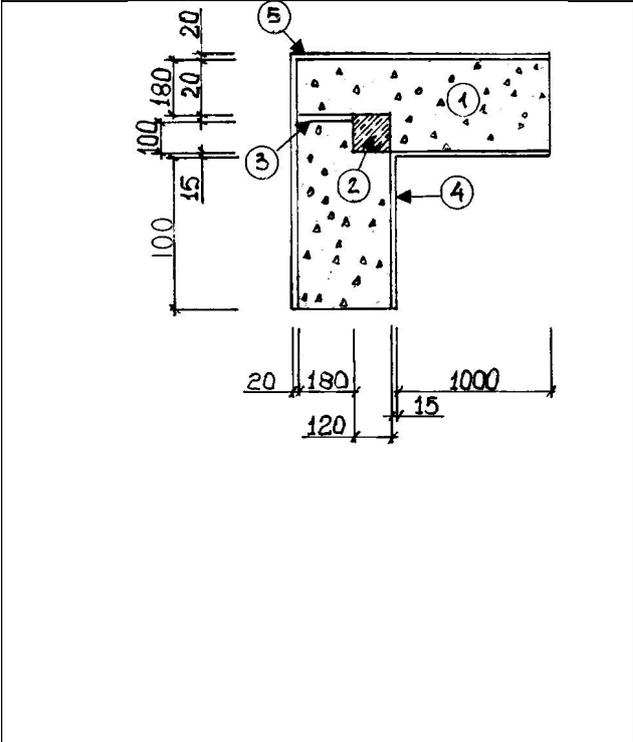
2. Вузол сполучення цокольної стінової панелі з рядовою зовнішньою панеллю та з плитою перекриття над підвалом



1. керамзитобетон, $\gamma=1200$ кг/м³.
2. залізобетон, $\gamma=2500$ кг/м³.
3. ЦП розчин, $\gamma=1600$ кг/м³.
4. ЦП штукатурка, $\gamma=1600$ кг/м³.
5. опоряджувальний шар, $\gamma=1800$ кг/м³.
6. гіпсова плита, $\gamma=1200$ кг/м³.
7. повітряний прошарок.
- 8.

k
підвал=0,1
6

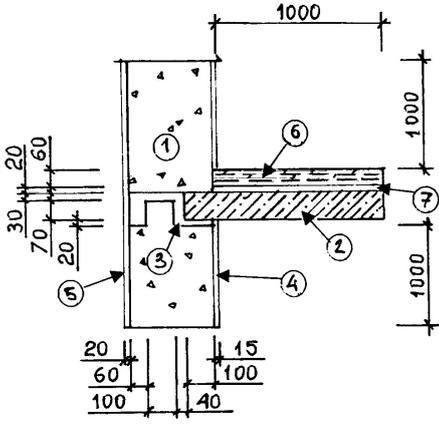
3. Вузол кутового сполучення стінових панелей



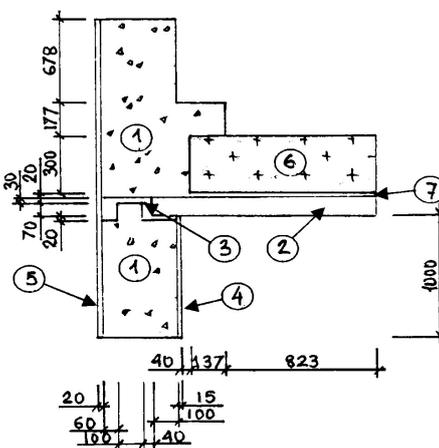
1. керамзитобетон, $\gamma=1200$ кг/м³.
2. залізобетон, $\gamma=2500$ кг/м³.
3. ЦП розчин, $\gamma=1600$ кг/м³.
4. ЦП штукатурка, $\gamma=1600$ кг/м³.
5. опоряджувальний шар, $\gamma=1800$ кг/м³.

k
кута = 0,23

4. Вузол горизонтального стику стінових панелей у рівні міжповерхового перекриття

Тип вузла	Конструктивні елементи вузла	k вузла, Вт/(мК)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>керамзитобетон, $\gamma=1200$ кг/м³.</u> 2. <u>залізобетон, $\gamma=2500$ кг/м³.</u> 3. <u>ЦП розчин, $\gamma=1600$ кг/м³.</u> 4. <u>ЦП штукатурка, $\gamma=1600$ кг/м³.</u> 5. <u>опоряджувальний шар, $\gamma=1800$ кг/м³.</u> 6. <u>гіпсова плита, $\gamma=1200$ кг/м³.</u> 7. <u>повітряний прошарок.</u> 	$k_{\text{перекр}} = 0,34$

5. Вузол сполучення парапетної стінової панелі з рядовою та з плитою перекриття верхнього поверху

	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>керамзитобетон, $\gamma=1200$ кг/м³.</u> 2. <u>залізобетон, $\gamma=2500$ кг/м³.</u> 3. <u>ЦП розчин, $\gamma=1600$ кг/м³.</u> 4. <u>ЦП штукатурка, $\gamma=1600$ кг/м³.</u> 5. <u>опоряджувальний шар, $\gamma=1800$ кг/м³.</u> 6. <u>керамзитобетон, $\gamma=1200$ кг/м³.</u> 7. <u>повітряний прошарок.</u> 	$k_{\text{парапет}} = 0,39$
---	--	-----------------------------

6. Вузол вертикального стику зовнішніх стінових панелей з внутрішніми стіновими панелями

$$Q_{заг} = \left(\sum_{j=1}^2 \frac{F_j}{R_{\Sigma j}} + k_j L_j \right) (t_B - t_3) \quad (3.7)$$

де $R_{\Sigma j}$, F_j – опір теплопередачі та площа j -го фрагменту основного поля конструкції.

3.2. Методика визначення приведенного опору теплопередачі неоднорідних огорожувальних конструкцій за розрахунком температурного поля

Розрахунок температурного поля виконується за допомогою різноманітних прикладних програм таких як ELCUT, Temper3.

ELCUT дозволяє вирішувати задачі теплопередачі (стаціонарні та нестаціонарні) в лінійній та нелінійній постановках. При вирішенні теплових задач використовується рівняння теплопровідності в одному з видів:

для лінійних завдань:

- у плоскому випадку

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

- у осісиметричному випадку

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

для нелінійних задач:

- у плоскому випадку

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

- у осісиметричному випадку

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda(T) r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

де T – температура, °C;

						2МБП. 9976668. ПЗ	Арк
							41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

t – час, год.;

$\lambda_{x(y,z,r)}$ – компоненти тензора теплопровідності (у лінійній постановці),
Вт/(м·К);

$\lambda(T)$ – теплопровідність, як функція температури, представлена кубічним сплайном (анізотропія не підтримується у нелінійній постановці),
Вт/(м·К);

q - питома потужність тепловиділення, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

$c(T)$ - питома теплоємність, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

ρ – щільність, **кг/м³.**

У стаціонарній задачі останній доданок в правій частині рівнянь дорівнює нулю.

Всі параметри рівнянь в лінійній постановці постійні у межах кожного блоку моделі.

Постановка задачі розподілу температурного поля в тонких пластинах досить схожа на формулювання плоско-паралельної задачі.

3.2.1. Джерела тепла

ELCUT дозволяє задати джерела тепла в блоках, ребрах або окремих вершинах моделі. Джерело, задане в конкретній точці площини xy , описує нагрівач у вигляді струни, слідом якої служить дана точка площині, і задається потужністю тепловиділення на одиницю довжини. У осісиметричному випадку точкове джерело поля представляє нагрівач у вигляді кола навколо осі симетрії або точкове джерело, розташований на осі. Щоб охопити обидва ці випадки, точкове джерело в осісиметричному випадку завжди описується

									Арк
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

повною тепловою потужністю, яка для окружності пов'язана з лінійною щільністю тепловиділення співвідношенням $q = 2\pi r \cdot q_l$. Джерело тепла, задане на ребрі моделі, відповідає тепловиділяючій поверхні в тривимірному світі. Воно характеризується поверхневою щільністю тепловиділення і описується за допомогою граничної умови другого роду для ребра. Густина тепловиділення, що задана для блоку моделі, відповідає об'ємному джерелу тепла.

3.2.2. Граничні умови

Наступні види граничних умов можуть бути задані на зовнішніх і внутрішніх гранях розрахункової області.

Умова заданої температури задає на ребрі або у вершині моделі відоме значення температури T_0 (наприклад, при інтенсивному омивання поверхні рідиною постійної температури). Значення T_0 на ребрі може бути задане у вигляді лінійної функції координат. Параметри функції можуть мінятися від ребра до ребра, але повинні бути узгоджені так, щоб функція T_0 не змінювалася у точках дотику ребер.

Цей вид граничного умови іноді називають умовою першого роду.

Умова заданого теплового потоку описується наступними співвідношеннями:

- на зовнішніх межах

$$F_n = -q_s$$

- на внутрішніх межах

$$F_n^+ - F_n^- = q_s$$

де F_n – нормальна компонента вектора щільності теплового потоку, індекси «+» і «-» означають «зліва від межі» і «праворуч від межі» відповідно. Для внутрішньої межі q_s означає поверхневу потужність джерела, для зовнішньої – відоме значення теплового потоку через межу. Якщо q_s дорівнює

										Арк
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ					

нулю, гранична умова називається однорідною. Однорідна умова другого роду на зовнішній межі означає відсутність теплового потоку через зазначену поверхню. Однорідна умова другого роду є природньою, вона встановлюється за умовчанням на всіх тих сторонах, складових зовнішньої межі, де явно не вказано інша гранична умова. Цей вид граничної умови вживається в двох випадках: на площині симетрії задачі (якщо через симетричність геометрії та джерел задача вирішується тільки на частині області), а також для опису адіабатичної межі.

Якщо потужність тепловиділення задана на зовнішньому ребрі, що є площиною симетрії задачі, справжнє значення потужності тепловиділення слід розділити навпіл.

Цей вид граничної умови іноді називають граничною умовою другого роду.

Гранична умова конвекції може бути задана на зовнішній межі моделі. Вона описує конвективний теплообмін і визначається наступним чином:

$$F_n = \alpha(T - T_o)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

T_o - температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Параметри α і T_o можуть мінятися від ребра до ребра.

Гранична умова цього типу іноді називають граничною умовою третього роду.

Гранична умова радіації може бути задана на зовнішній межі моделі. Вона описує радіаційний теплообмін і визначається наступним чином:

$$F_n = k_{SB} \cdot \beta(T^4 - T_o^4)$$

де k_{SB} - константа Стефана-Больцмана,

β - коефіцієнт поглинання поверхні,

T_o - температура поглинаючого середовища.

Параметри β і T_o можуть змінюватися від ребра до ребра

									Арк
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$R_{\text{пр}_k} = \frac{R_a + 2R_\sigma}{3} \quad (3.9)$$

Якщо величина R_a перевищує величину R_σ більш ніж на 25% або захисна конструкція не є плоскою (має виступи на поверхні), то приведений термічний опір $R_{\text{пр}_k}$ такої конструкції слід визначати на підставі розрахунку температурного поля наступним чином:

за результатами розрахунку температурного поля при t_b і t_n визначаються середні температури, °С, внутрішньої $t_{b, \text{cp}}$ і зовнішньої $t_{n, \text{cp}}$ поверхонь огороджувальної конструкції і обчислюється величина теплового потоку $q^{\text{расч}}$, (Вт/м²), за формулою:

$$q^{\text{расч}} = \alpha_b (t_b - t_{b, \text{cp}}) = \alpha_n (t_{n, \text{cp}} - t_n) , \quad (3.10)$$

де α_b, t_b, t_n — те саме, що в формулі (3.1);

α_n — те саме, что в формулі (3.4);

Приведений термічний опір конструкцій визначається за формулою:

$$R_{\text{пр}_k} = \frac{t_{b, \text{cp}} - t_{n, \text{cp}}}{q^{\text{расч}}} , \quad (3.11)$$

Приведений опір теплопередачі R_o , (м²·°С / Вт), неоднорідної огороджувальної конструкції слід визначати за формулою :

$$R_o = \frac{t_b - t_n}{q^{\text{расч}}} , \quad (3.12)$$

де t_b, t_n — теж саме, що і в формулі (3.1);

$q^{\text{расч}}$ — теж , що і в формулі (3.10).

Допускається приведений опір теплопередачі R_o зовнішніх панельних стін житлових будинків приймати рівним:

$$R_o = R_{\text{усл}_o} \cdot r \quad (3.12)$$

де $R_{\text{усл}_o}$ - опір теплопередачі панельних стін, умовно визначається за формулами (3.4) і (3.5) без урахування теплопровідних включень, (м² ·° С / Вт);

									Арк
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

г - коефіцієнт теплотехнічної однорідності, що приймається за додатком 13.

Коефіцієнт теплотехнічної однорідності, г, огорожувальних конструкцій повинен бути не менше значень, наведених у таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Огороджуюча конструкція	Коефіцієнт г
1. З одношарових легкобетонних панелей	0,90
2. З легкобетонних панелей з термовкладишом	0,75
3. З тришарових залізобетонних панелей з ефективним утеплювачем і гнучкими зв'язками	0,70
4. З тришарових залізобетонних панелей з ефективним утеплювачем і залізобетонними шпонками або ребрами з керамзитобетону	0,60
5. З тришарових залізобетонних панелей з ефективним утеплювачем і залізобетонними ребрами	0,50
6. З тришарових металевих панелей з ефективним утеплювачем	0,75
7. З тришарових азбестоцементних панелей з ефективним утеплювачем	0,70

Температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції за наявності теплопровідних включень (діафрагми, суцільного шва з розчину, стику панелей, жорстких зв'язків стін полегшеної кладки, елементів фахверка тощо) повинна бути не нижче температури точки роси внутрішнього повітря при розрахунковій зимовій температурі зовнішнього повітря.

Примітка. Відносну вологість внутрішнього повітря для визначення температури точки роси в місцях теплопровідних включень огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків слід приймати:

для будівель житлових, лікарняних установ, диспансерів, амбулаторно-поліклінічних закладів, пологових будинків, будинків-інтернатів для престарілих та інвалідів, загальноосвітніх дитячих шкіл, дитячих садків, ясел, ясел-садків (комбінатів) і дитячих будинків - 55%;

для громадських будівель (крім вищевказаних) - 50%.

3.4. Порівняльний аналіз розташування утеплювача між конструкційними цегляними шарами огорожувальної конструкції

Місце розташування утеплювача в цегляних стінах полегшеної кладки впливає на приведений опір теплопередачі огорожуючої конструкції. Для визначення найкращого варіанту розташування утеплювача виконуємо порівняльний аналіз приведенного опору теплопередачі за допомогою температурного поля.

Приймаємо розташування утеплювача ближче до внутрішнього конструктивного шару та до зовнішнього. Розрахункові схеми огорожувальної конструкції наведено на рисунку 1

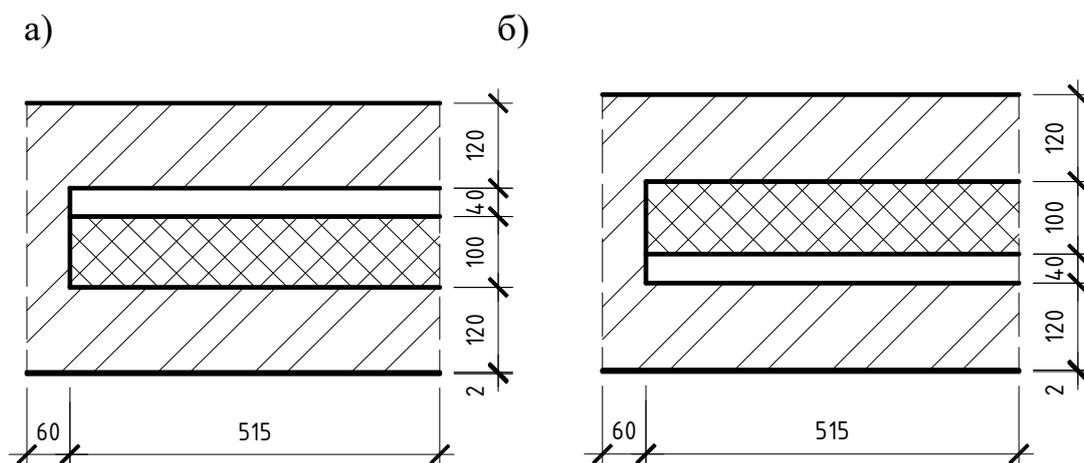


Рисунок 3.2 Розрахункові схеми огорожуючої конструкції: а) утеплювач розташований ближче до внутрішнього конструктивного шару, б) утеплювач розташований ближче до зовнішнього конструктивного шару.

0,12	1,485041	1,407016	-5,25406369
0,13	1,53299	1,518104	-0,97104351
0,14	1,51489	1,51489	0
Середня величина розбіжності			-4,5
Максимальна величина розбіжності			8,1

Використовуючи отримані дані будуємо графік залежності приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки від розташування утеплювача(рисунок 3.3).

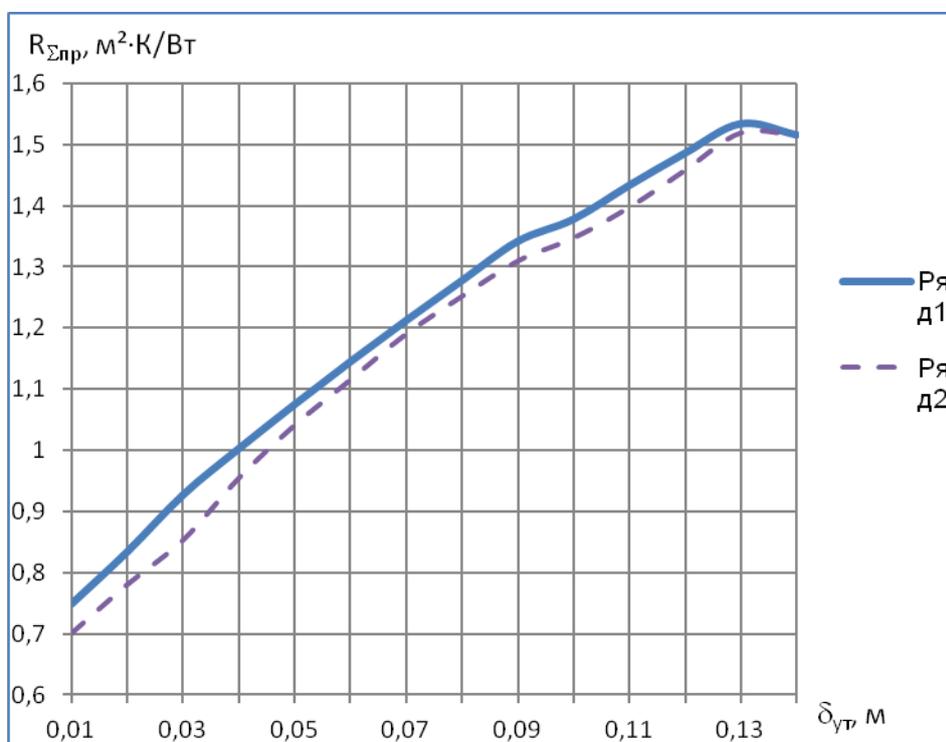


Рисунок 3.3 Графік залежності приведенного опору теплопередачі в залежності від розташування утеплювача в середині огорожувальної конструкції: Ряд1 – розташування утеплювача ближче до внутрішньої поверхні, Ряд2 – розташування утеплювача ближче до зовнішньої поверхні.

Варіант розташування утеплювача ближче до внутрішнього конструктивного шару має більший приведений опір теплопередачі,

Перший розрахунок виконувався за допомогою температурного поля. Результати розрахунку температурного поля, що виконані у програмі ELCUT наведено на рисунку 3.5

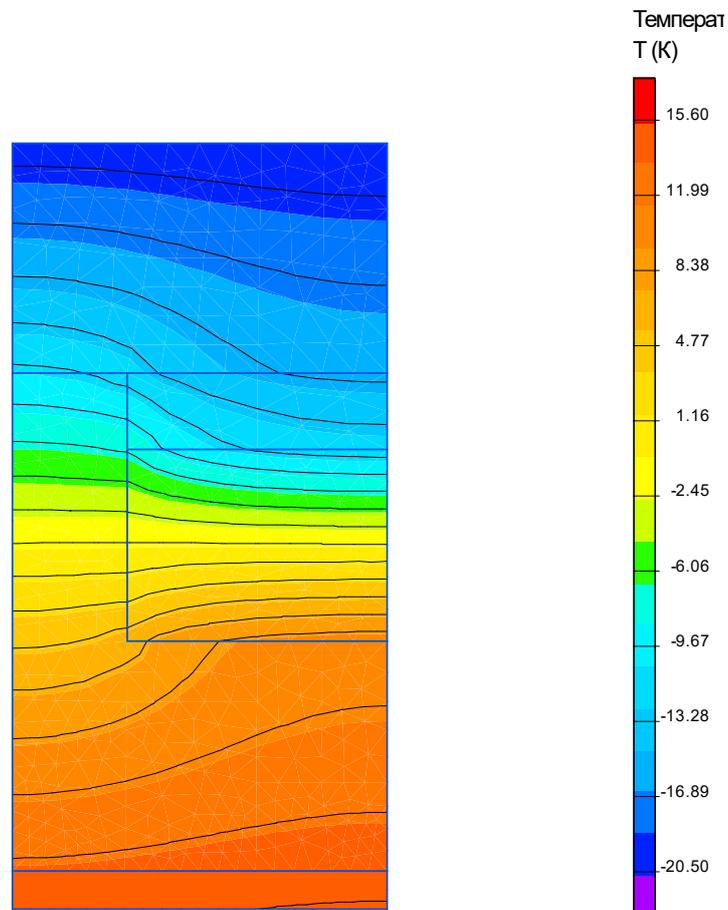


Рисунок 3.5. Температурне поле огорожувальної конструкції

За розрахунком температурного поля приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції склав $R_{пр} = 0,93275 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Другий розрахунок виконувався за допомогою методики по Фокін. Строительная теплотехніка. Розрахунок приведенного опору теплопередачі за методикою, що викладена [2] виконувався за допомогою програми PTER. Результати розрахунку наведені нижче :

										2мБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							53

Расчёт 1"

"
 " приведенного термического сопротивления и"
 " приведенного сопротивления теплопередаче"
 " кирпичной стены облегченной кладки

"Исходные данные :"

"-----"				
"	"	"	"	"
" N	наименование слоёв	толщина	плотность	коэффициент теплопроводности,
"	по участкам			"
"	"	м	кг/м3	Вт/(м*с) "
"-----"				
"	Участок ",1,"			"
1	Известково-песчаный раствор	0.020	1800	0.930
2	Кирпич	0.120	1800	0.900
3	Утеплитель	0.100	200	0.090
4	Воздух	0.040	1.2	0.242099
5	Кирпич	0.120	1800	0.810
"	Участок ",2,"			"
1	Известково-песчаный раствор	0.020	1800	0.930
2	Кирпич	0.120	1800	0.900
3	Кирпич	0.120	1800	0.810
"-----"				

"результаты расчёта"

"приведенное термическое сопротивление ограждающей конструкции равно"
 .5382084, " м2*с/Вт"

"приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции равно"
 .6966292, " м2*с/Вт"

Расчет выполнил магистр Авраменко Д.А. "группа 502ВПм,

Третій розрахунок виконувався за допомогою програмного комплексу Excel за методикою ДБН В.2.6-31 2021. Теплова ізоляція та енергоефективність.

Розрахунок за методикою наведеною [3] дав значення приведенного опору теплопередачі 0,5439812 м² · К/Вт .

Похибка розрахунків виконаних за методикою наведеною в [1,2] та [3] у порівнянні з розрахунком температурного поля у програмі ELCUT наведемо у таблиці 3.6

Таблиця 3.6

Похибка розрахунків за наведеними методиками

Похибка		
Температурне поле[1]	Методика за [2]	Методика за [3]
0%	25,27%	38,67%

3.6. Висновки по розділу 3

1. Розбіжність між приведеними опорами в залежності від розташування утеплювача максимально становить 8,1%, а середнє 4,5%.

2. Розташування утеплювача ближче до внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції є більш доцільно з точки зору приведеного опору теплопередачі.

3. Приведений опір теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки виконаної за методиками 1, 2 та 3 дають значну похибку у порівнянні з розрахунком за температурним полем.

Для зменшення величини похибки необхідно розробити інженерну методику розрахунку.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ПРИВЕДЕНОГО ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЦЕГЛЯНИХ СТІН ПОЛЕГШЕНОЇ КЛАДКИ

4.1 Вибір меж параметрів, що впливають на приведений опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.

Приведений опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки залежить від:

- 1 товщини утеплювача;
- 2 коефіцієнта теплопровідності утеплювача;
- 3 товщини внутрішнього цегляного шару;
- 4 коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару;
- 5 товщини зовнішнього цегляного шару;
- 6 коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару;
- 7 відстані між діафрагмами жорсткості.

Величина нижнього та верхнього значення параметрів наведено у таблиці 4.1

У дослідженнях приймалися наступні значення параметрів, що впливають на приведений опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки:

- товщини утеплювача
від 0,01м до 0,14м з кроком 0,01м (0,14м – максимальна відстань між внутрішнім та зовнішнім цегляними шарами полегшеної кладки);
- коефіцієнта теплопровідності утеплювача
від 0,03 Вт/(м·К) до 0,09 Вт/(м·К) з кроком 0,01 Вт/(м·К) (мінераловатні плити);
- товщини внутрішнього цегляного шару
від 0,12м до 0,38м з кроком 0,13м

					2мБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

4.2. Запропонована методика розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.

Формула для визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки у загальному вигляді має вид:

$$R_{пр} = R_{д\text{ут}} \cdot k_{д\text{ут}} \cdot k_{дв} \cdot k_{дв} \cdot k_{дз.н.} \cdot k_{дз.н.} \cdot k_{лд} \quad (4.1)$$

де $R_{д\text{ут}}$ – приведений опір теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки, $\text{м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$, що враховує товщину утеплювача;

$k_{д\text{ут}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності утеплювача;

$k_{дв}$ - коефіцієнт, що враховує товщину внутрішнього цегляного шару;

$k_{дв}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності внутрішнього цегляного шару;

$k_{дз.н.}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт товщину зовнішнього цегляного шару;

$k_{дз.н.}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності зовнішнього цегляного шару;

$k_{лд}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт відстань між діаграмами жорсткості.

4.2.1. Визначення залежності між приведеним опором теплопередачі та товщиною утеплювача в цегляній стіні полегшеної кладки.

Розрахункова схема для визначення залежності між приведеним опором теплопередачі та товщиною утеплювача в цегляній стіні полегшеної кладки приймалася такою, щоб вплив цегляних діафрагм жорсткості на приведений опір теплопередачі був мінімальним (рисунок 4.2).

									Арк
									58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

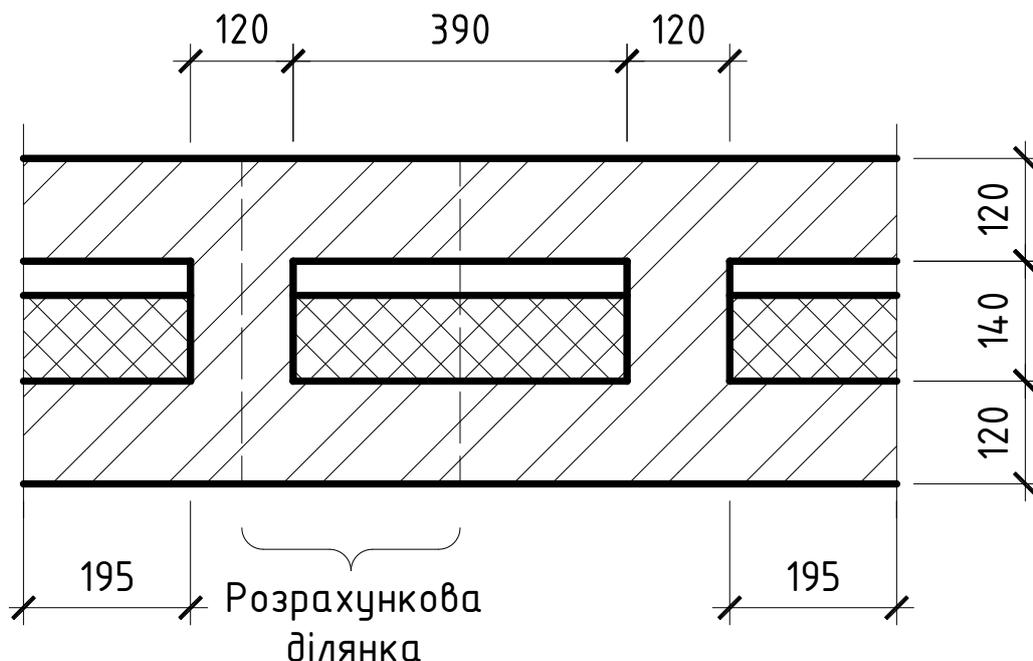


Рисунок 4.2 Розрахункова схема огорожувальної конструкції

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів огорожувальної конструкції, товщина внутрішнього та зовнішнього цегляного шару та відстані між діафрагмами жорсткості були прийнятими такими, щоб приведений опір теплопередачі був найменшим:

- коефіцієнта теплопровідності утеплювача 0,09 Вт/(м·К);
- коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару 0,9 Вт/(м·К);
- коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару 0,81 Вт/(м·К);
- товщини внутрішнього та зовнішнього цегляного шару, 0,12 м;
- відстані між діафрагмами жорсткості 0,39 м.

Розрахунки температурного поля виконувалися за допомогою програми ELCUT.

Температурне поле огорожувальної конструкції без утеплювача та при товщині утеплювача 0,14 м наведено на рисунку 4.3

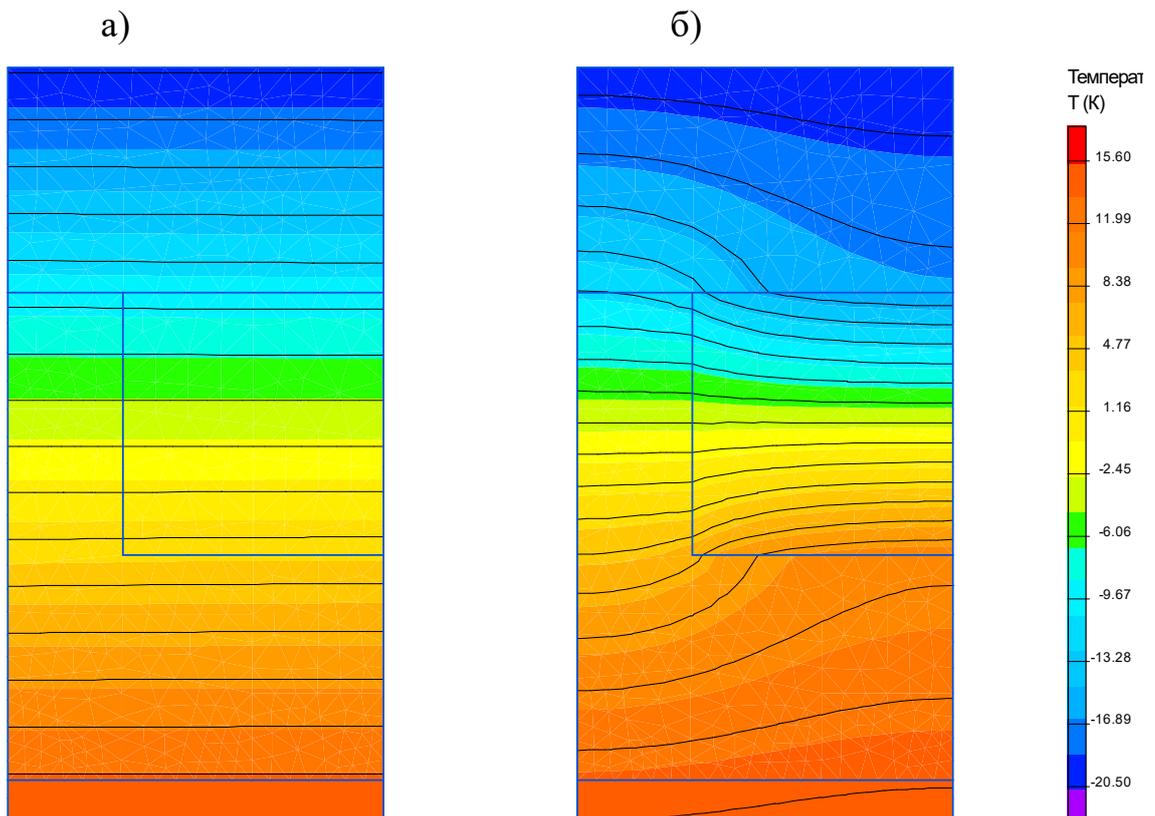


Рисунок 4.3 Температурне поле цегляної стіни полегшеної кладки: а) без утеплювача, б) з утеплювачем, товщиною 0,14м.

Приведений опір теплопередачі стіни $R_{\Sigma \text{пр}}$ визначався за формулою:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{зн}})}{q_{\text{ср}}}, \quad (4.2)$$

де $q_{\text{ср}}$ – щільність теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$, визначаємо за формулою

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{в}} + q_{\text{зн}}}{2} \quad (4.3)$$

$q_{\text{в}}$ та $q_{\text{зн}}$ – щільність теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$, що проходить крізь внутрішню та зовнішню поверхню огородження, визначаємо за формулами:

$$q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{L \times h} \quad (4.4)$$

$$q_{\text{зн}} = \frac{Q_{\text{зн}}}{L \times h}, \quad (4.5)$$

де $Q_{\text{в}}$ та $Q_{\text{зн}}$ – тепловий потік, Вт , що проходить крізь внутрішню та зовнішню поверхню огородження;

L – довжина розрахункової схеми, м;

h – висота розрахункової схеми, м.

Результати розрахунку приведенного опору теплопередачі наведені у таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини утеплювача

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля, $\text{м}^2 \cdot \text{°К} / \text{Вт}$
0	0,654729
0,01	0,714847
0,02	0,759318
0,03	0,796073
0,04	0,828063
0,05	0,858572
0,06	0,886349
0,07	0,912149
0,08	0,936016
0,09	0,958394
0,1	0,97874
0,11	0,997667
0,12	1,014449
0,13	1,028255
0,14	1,02258

Використовуючи отримані дані були побудовані графіки залежності приведенного опору теплопередачі від товщини утеплювача (рисунок 4.4)

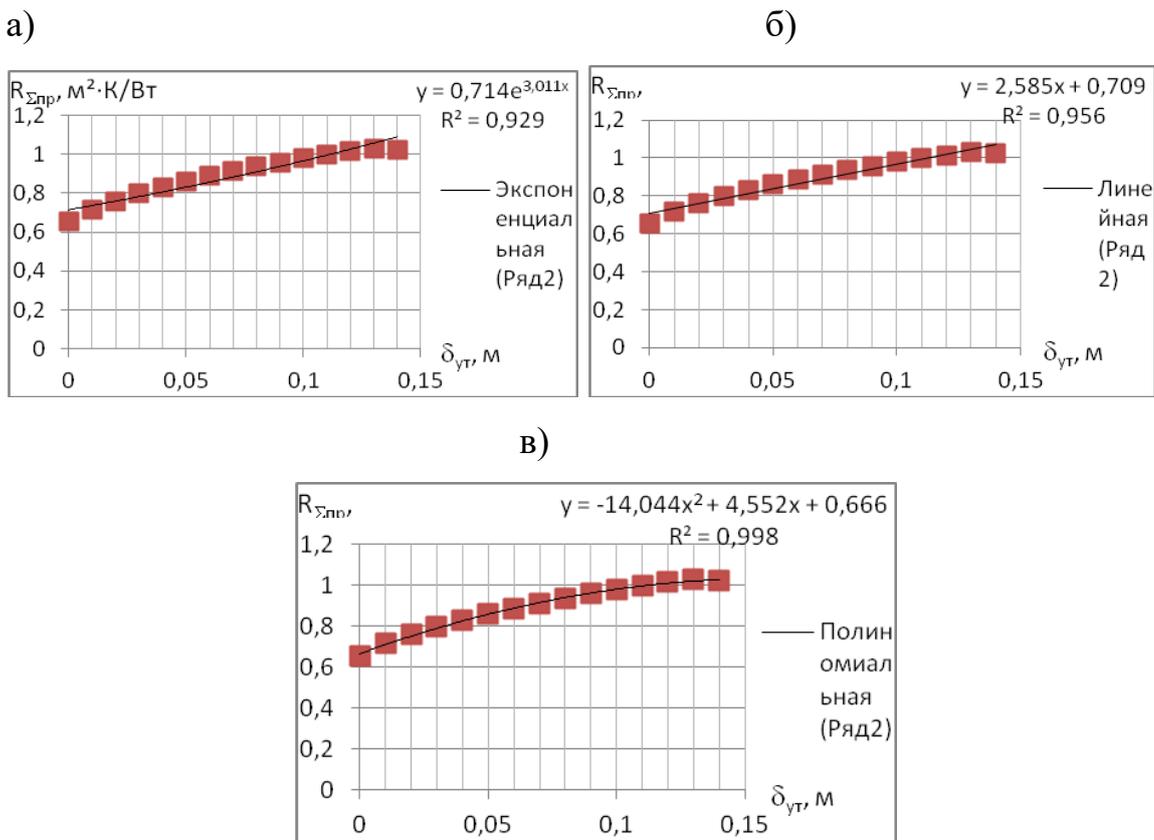


Рисунок 4.4 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини утеплювача: а) експоненціальний, б) лінійний, в) поліноміальний.

Як видно з графіків найбільша достовірність апроксимації у поліноміальної лінії тренда, та складає $R^2 = 0,998$. Тоді приведенний опір теплопередачі буде визначатися за формулою:

$$R_{\delta_{ут}} = -14,044 \cdot \delta_{ут}^2 + 4,552 \cdot \delta_{ут} + 0,666 \quad (4.6)$$

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

У таблиці 4.3 наведені значення приведенного опору теплопередачі розраховані за формулою 4.6, та визначена величина розбіжності між значеннями за лінією тренда та отриманими за розрахунком температурного поля.

Таблиця 4.3

Величина розбіжності між значеннями за формулою 4.6 та розрахунком температурного поля

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля, $\text{м}^2 \cdot \text{°К}/\text{Вт}$	Приведений опір теплопередачі за розрахунком по формулі тренда, $\text{м}^2 \cdot \text{°К}/\text{Вт}$	Розбіжність, %	Абсолютна величина розбіжності, %
0	0,654729	0,666	1,721475603	1,721475603
0,01	0,714847	0,7101156	-0,66187589	0,661875898
0,02	0,759318	0,7514224	-1,03982784	1,039827846
0,03	0,796073	0,7899204	-0,77286882	0,77286882
0,04	0,828063	0,8256096	-0,29628180	0,296281805
0,05	0,858572	0,85849	-0,00955074	0,009550742
0,06	0,886349	0,8885616	0,249630789	0,249630789
0,07	0,912149	0,9158244	0,402938555	0,402938555
0,08	0,936016	0,9402784	0,455376831	0,455376831
0,09	0,958394	0,9619236	0,368282773	0,368282773
0,1	0,97874	0,98076	0,206387805	0,206387805
0,11	0,997667	0,9967876	-0,08814564	0,088145644
0,12	1,014449	1,0100064	-0,43793231	0,437932316
0,13	1,028255	1,0204164	-0,76232063	0,762320631
0,14	1,02258	1,0280176	0,531753017	0,531753017
			Середня величина розбіжності	0,5
			Максимальна величина розбіжності	1,7

Як видно з таблиці 4.3 при застосуванні формули 4.6 середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунком температурного поля та формулою 4.6 складає 0,5%, а максимальна 1,7%.

4.2.2. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача.

Зміна коефіцієнта теплопровідності утеплювача приймалася від 0,03 Вт/(м·К) до 0,09 Вт/(м·К) з кроком 0,01 Вт/(м·К). Ці межі були прийняті для утеплювача з мінеральної вати.

Температурне поле огорожувальної конструкції з коефіцієнтом теплопровідності 0,09 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,01м та з коефіцієнтом теплопровідності 0,03 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,14м наведено на рисунку 4.4

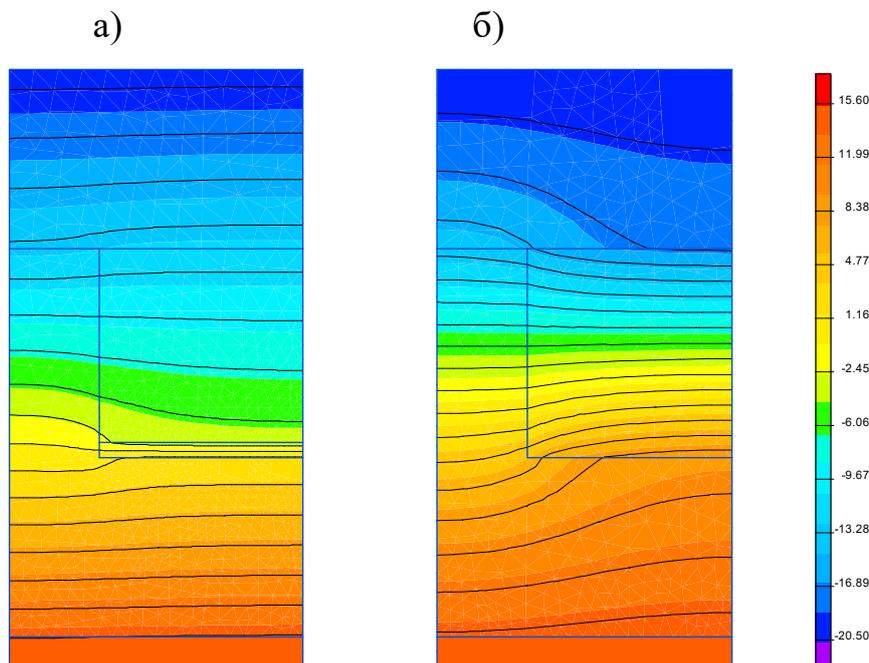


Рисунок 4.4 Температурне поле огорожувальної конструкції: а) з коефіцієнтом теплопровідності 0,09 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,01м; б) з коефіцієнтом теплопровідності 0,03 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,14м

Результати розрахунку приведенного опору теплопередачі наведені у таблиці 4.4

Таблиця 4.4

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності утеплювача

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача $\lambda_{ут}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°К/Вт}$						
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,01	0,7795	0,7604	0,7464	0,7357	0,7273	0,7205	0,7148
0,02	0,8422	0,8202	0,8029	0,7889	0,7773	0,7676	0,7593
0,03	0,8879	0,8650	0,8463	0,8307	0,8175	0,8060	0,7960
0,04	0,9258	0,9024	0,8828	0,8661	0,8517	0,8391	0,8280
0,05	0,9629	0,9387	0,9180	0,9001	0,8845	0,8707	0,8585
0,06	0,9964	0,9714	0,9497	0,9309	0,9142	0,8995	0,8863
0,07	1,0272	1,0016	0,9793	0,9594	0,9418	0,9261	0,9121
0,08	1,0563	1,0296	1,0062	0,9856	0,9672	0,9507	0,9360
0,09	1,0836	1,0561	1,0319	1,0104	0,9912	0,9740	0,9583
0,1	1,1076	1,0796	1,0548	1,0327	1,0127	0,9949	0,9787
0,11	1,1307	1,1019	1,0764	1,0535	1,0330	1,0144	0,9976
0,12	1,1498	1,1207	1,0948	1,0716	1,0503	1,0317	1,0144
0,13	1,1642	1,1353	1,1094	1,0861	1,0650	1,0458	1,0282
0,14	1,167	1,1375	1,11058	1,08583	1,06311	1,04205	1,02258

Використовуючи отримані дані був побудований графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини та коефіцієнта теплопровідності утеплювача (рисунок 4.5)

Таблиця 4.5

Величина відносного збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від зменшення коефіцієнта теплопровідності утеплювача $k_{длт}$

Товщина утеплювача, м	Величина відносного збільшення приведенного опору теплопередачі $k_{длт}$ в залежності від зменшення коефіцієнта теплопровідності утеплювача						
	Коефіцієнт теплопровідності утеплювача, Вт/(м·К)						
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,01	1,0906	1,0638	1,0442	1,0292	1,0174	1,0080	1,0000
0,02	1,1093	1,0803	1,0575	1,0390	1,0237	1,0109	1,0000
0,03	1,1154	1,0867	1,0632	1,0435	1,0268	1,0125	1,0000
0,04	1,1181	1,0899	1,0662	1,0460	1,0286	1,0134	1,0000
0,05	1,1215	1,0933	1,0692	1,0484	1,0302	1,0142	1,0000
0,06	1,1242	1,0960	1,0716	1,0503	1,0315	1,0149	1,0000
0,07	1,1265	1,0981	1,0734	1,0517	1,0325	1,0153	1,0000
0,08	1,1285	1,1000	1,0751	1,0530	1,0334	1,0157	1,0000
0,09	1,1307	1,1020	1,0767	1,0543	1,0343	1,0163	1,0000
0,1	1,1318	1,1031	1,0777	1,0551	1,0349	1,0166	1,0000
0,11	1,1334	1,1045	1,0789	1,0561	1,0355	1,0169	1,0000
0,12	1,1335	1,1048	1,0793	1,0564	1,0358	1,0171	1,0000
0,13	1,1323	1,1041	1,0790	1,0563	1,0358	1,0171	1,0000
0,14	1,1414	1,1125	1,0861	1,0618	1,0396	1,0190	1,0000

Як видно з таблиці 4.5 при коефіцієнті теплопровідності утеплювача 0,03 Вт/(м·К) коефіцієнт відносного збільшення приведенного опору $k_{длт}$ найбільший при товщині утеплювача 0,14м та складає 1,1414, а найменший при товщині 0,01м та складає 1,0906. Якщо дані отримані в таблиці 4.5 описати однією формулою, то похибка між максимальним та мінімальним

									Арк
									67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

значенням буде складати 4,6%. Для підвищення точності значення в таблиці 4.5 розбиваємо на два діапазони: перший з товщиною утеплювача від 0,01м до 0,03м, а другий від 0,04 до 0,14м. У вибраних діапазонах формули, що описують $k_{дут}$ приймаємо за найбільшими значеннями, тобто для першого діапазону при товщині утеплювача 0,03м, а для другого діапазону для товщині 0,14м. Для кожного з діапазонів були отримані графіки залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності утеплювача.

Графіки наведені на рисунках: для першого діапазону на рисунку 4.6, а для другого на рисунку 4.7

Перший діапазон:

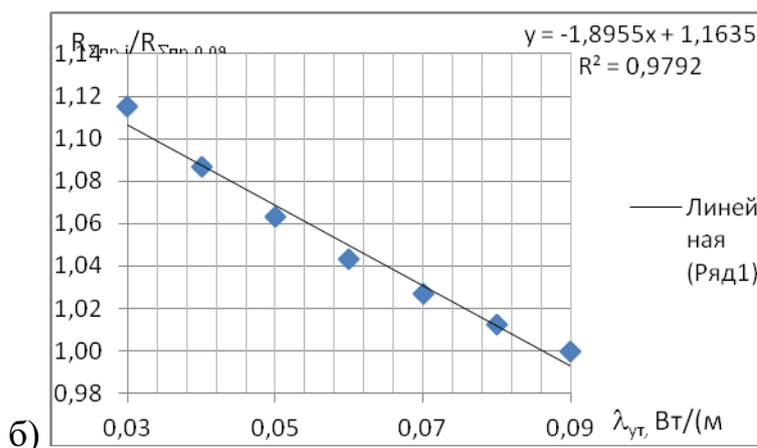
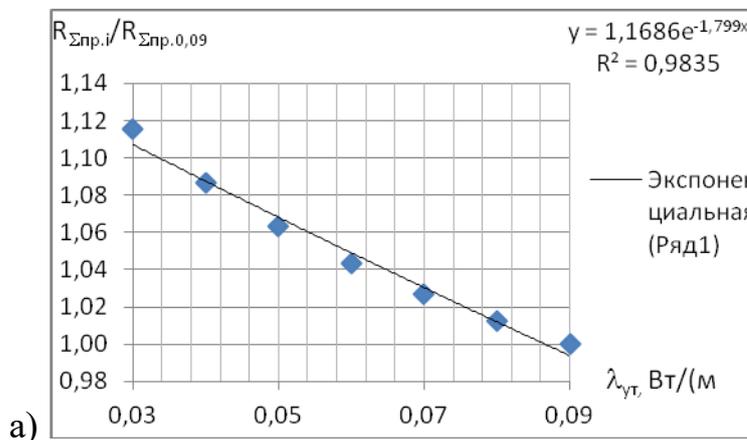
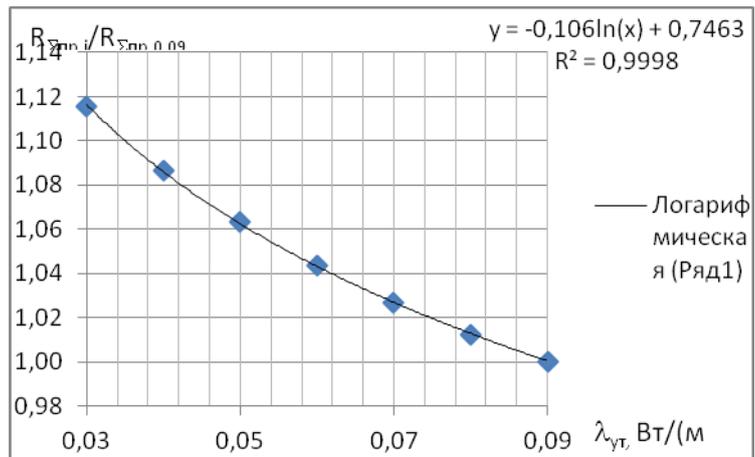


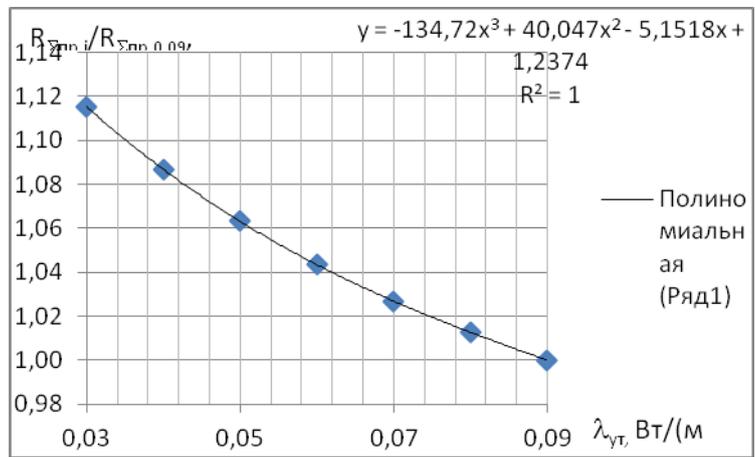
Рисунок 4.6 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності утеплювача:

а) експоненціальний, б) лінійний,

в)



г)



д)

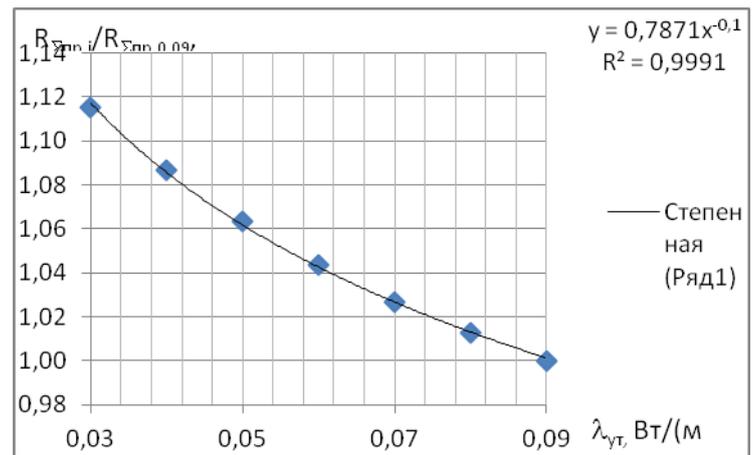


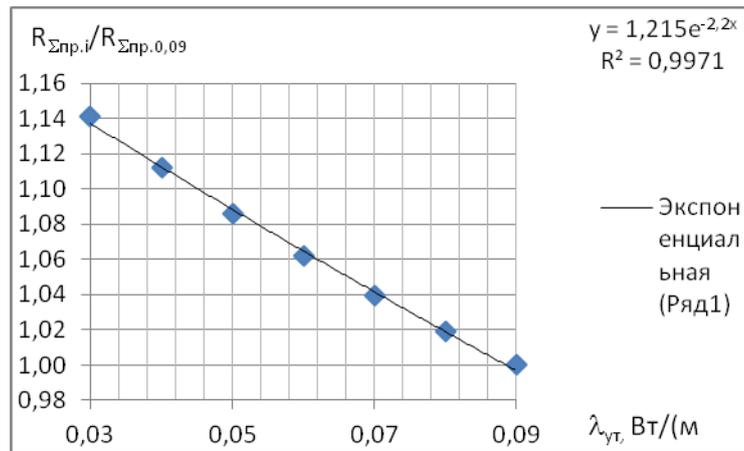
Рисунок 4.6.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності утеплювача:

в) логарифмічний, г) поліноміальний, д) степеневий.

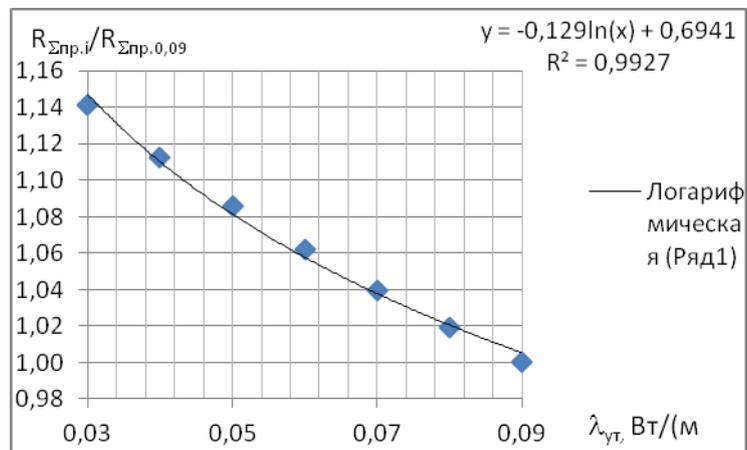
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Другий діапазон:

а)



б)



в)

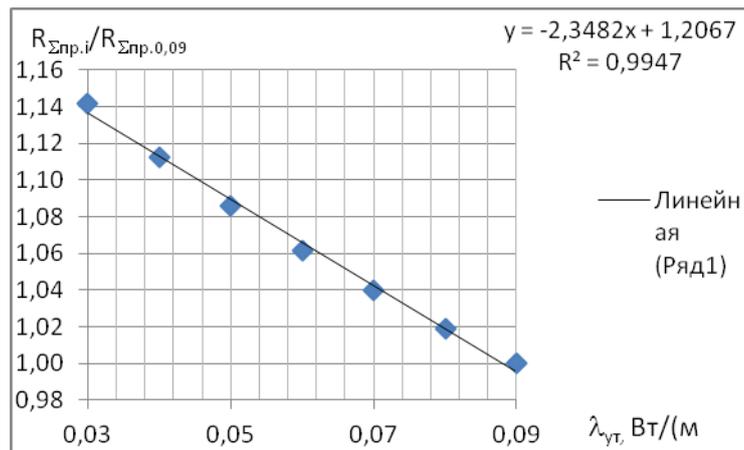
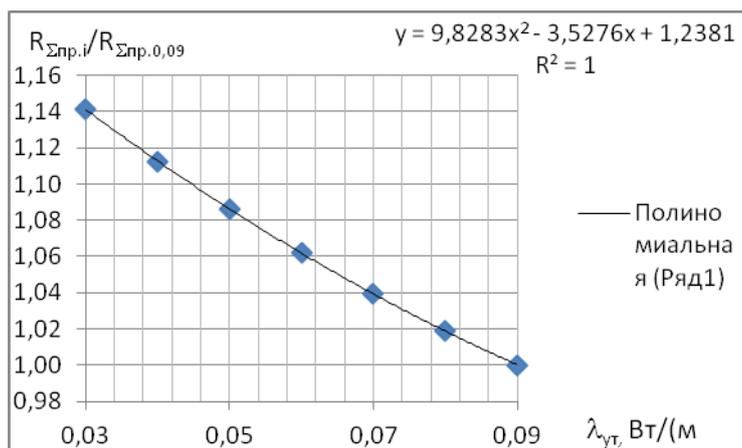


Рисунок 4.7 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності утеплювача:

а) експоненціальний, б) лінійний, в) логарифмічний,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Г)



Д)

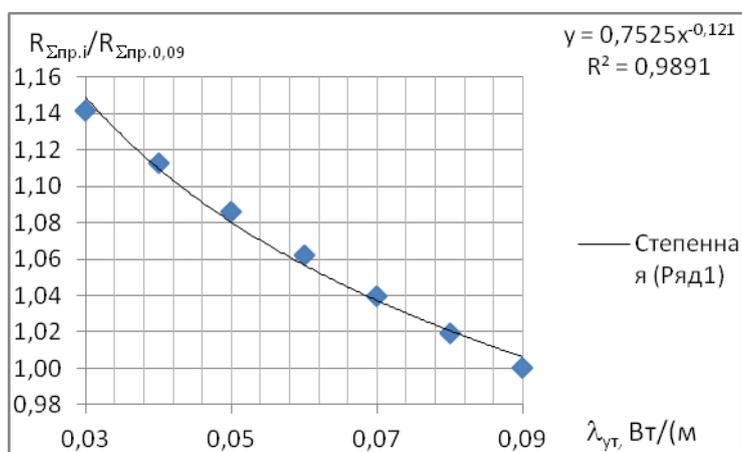


Рисунок 4.7.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності утеплювача: г) поліноміальний, д) степеневий.

Як видно з графіків для першого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 1$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача буде визначатися за формулою:

$$k_{\lambda_{ут}}^1 = -134,72 \cdot \lambda_{ут}^3 + 40,047 \cdot \lambda_{ут}^2 - 5,1518 \cdot \lambda_{ут} + 1,2374 \quad (4.7)$$

де $\lambda_{ут}$ – коефіцієнт теплопровідності утеплювача, Вт/(м·К).

Для другого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 1$. Тоді коефіцієнт збільшення

приведеного опору теплопередачів в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача буде визначатися за формулою.

$$k_{\lambda_{\text{ут}}}^2 = 9,8283 \cdot \lambda_{\text{ут}}^2 - 3,5276 \cdot \lambda_{\text{ут}} + 1,2381 \quad (4.8)$$

У таблиці 4.6 наведені значення приведенного опору теплопередачі розраховані за формулами (4.7 та 4.8), та визначена величина розбіжності між цими значеннями та отриманими за розрахунками температурного поля.

Результати розбіжності між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Величина розбіжності між значеннями за формулами (4.7 та 4.8) та розрахунками температурного поля

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %						
	Коефіцієнт теплопровідності утеплювача Вт/(м·К)						
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,01	2,2629	2,1614	1,8086	1,3719	0,9185	0,4565	-0,0092
0,02	0,5407	0,6029	0,5331	0,4234	0,2996	0,1643	-0,0092
0,03	-0,0090	0,0086	-0,0069	-0,0141	-0,0053	0,0080	-0,0092
0,04	2,0626	2,0952	1,8843	1,5131	1,0460	0,5351	0,0225
0,05	1,7456	1,7729	1,5949	1,2794	0,8830	0,4515	0,0225
0,06	1,5023	1,5275	1,3738	1,1005	0,7573	0,3865	0,0225
0,07	1,2992	1,3289	1,1977	0,9597	0,6604	0,3396	0,0225
0,08	1,1139	1,1525	1,0442	0,8381	0,5783	0,3005	0,0225
0,09	0,9240	0,9732	0,8870	0,7111	0,4854	0,2460	0,0225
0,1	0,8274	0,8728	0,7933	0,6329	0,4301	0,2161	0,0225
0,11	0,6831	0,7422	0,6829	0,5463	0,3700	0,1852	0,0225
0,12	0,6742	0,7167	0,6501	0,5140	0,3436	0,1706	0,0225
0,13	0,7807	0,7770	0,6786	0,5228	0,3423	0,1672	0,0225
0,14	-0,0255	0,0228	0,0212	-0,0021	-0,0298	-0,0243	0,0225
Середня за абсолютною величиною розбіжність							0,7
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність							2,3

Як видно з таблиці 4.6 при застосуванні формул (4.7 та 4.8) середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунками температурного поля та формулами (4.7 та 4.8) складає 0,7%, а максимальна 2,3%.

Значення коефіцієнта можливо визначати за укрупненими значеннями $k_{длт}$ приведеним у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Укрупнені значення коефіцієнта, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача.

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{длт}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача						
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
від 0м до 0,03м	1,1153	1,0868	1,0631	1,0434	1,0268	1,0126	0,9999
від 0м до 0,04м	1,1411	1,1127	1,0863	1,0618	1,0393	1,0188	1,0002

4.2.3. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару.

Зміна товщини внутрішнього цегляного шару приймалася від 0,12 м до 0,38 м з кроком 0,13 м. Дані межі були прийняті згідно існуючих будівельних матеріалів, а саме для повнотілої цегли.

Розрахунок даної огорожуючої конструкції був проведений за допомогою програмного комплексу ELCUT.

Температурне поле огорожувальної конструкції з товщиною внутрішнього цегляного шару 0,12м та 0,38м наведено на рисунку 4.8

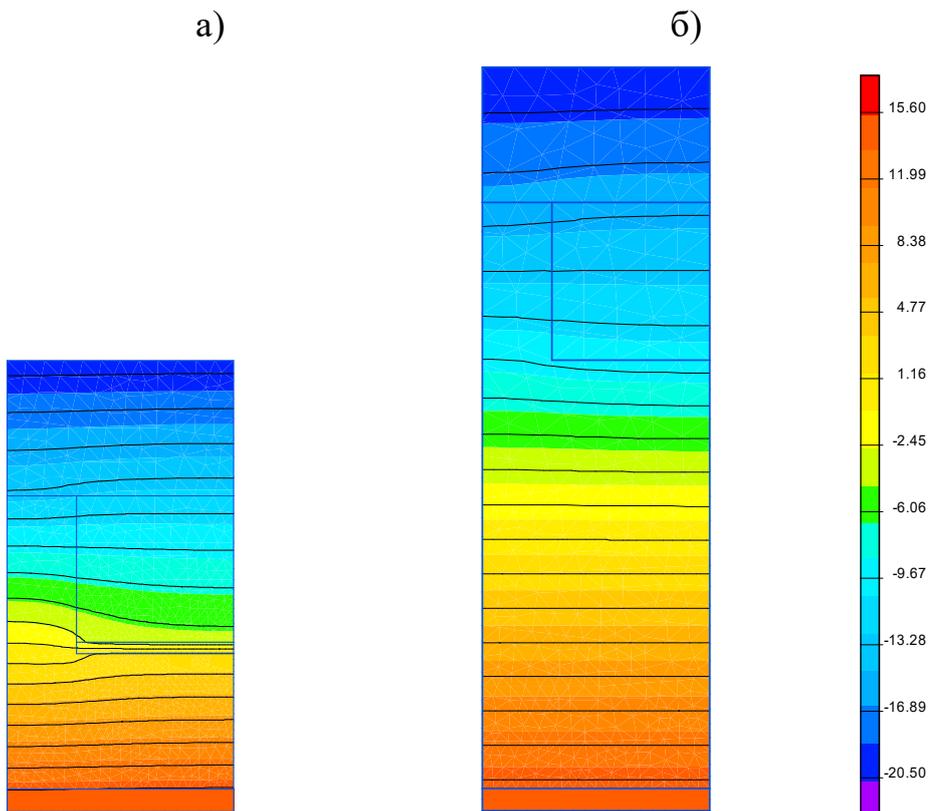


Рисунок 4.8 Температурне поле огорджувальної конструкції: а) з товщиною внутрішнього шару 0,12м; б) з товщиною внутрішнього цегляного шару 0,38м

Результати розрахунку приведенного опору теплопередачі наведені у таблиці 4.8

Таблиця 4.8

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини внутрішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару $\delta_{\text{вн}}$, м		
	Товщина внутрішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,714847	0,875252	1,035699
0,02	0,759318	0,919677	1,08009
0,03	0,796073	0,956128	1,116641
0,04	0,828063	0,988211	1,148539

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару $\delta_{вн}$, м		
	Товщина внутрішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
0,05	0,858572	1,017657	1,177147
0,06	0,886349	1,04543	1,204164
0,07	0,912149	1,070979	1,229545
0,08	0,936016	1,095213	1,253847
0,09	0,958394	1,117372	1,2758
0,1	0,97874	1,138306	1,297796
0,11	0,997667	1,156992	1,316509
0,12	1,014449	1,174126	1,332682
0,13	1,028255	1,188127	1,347948
0,14	1,02258	1,181443	1,339176

Використовуючи отримані дані був побудований графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини внутрішнього цегляного шару та товщини утеплювача (рисунок 4.9)

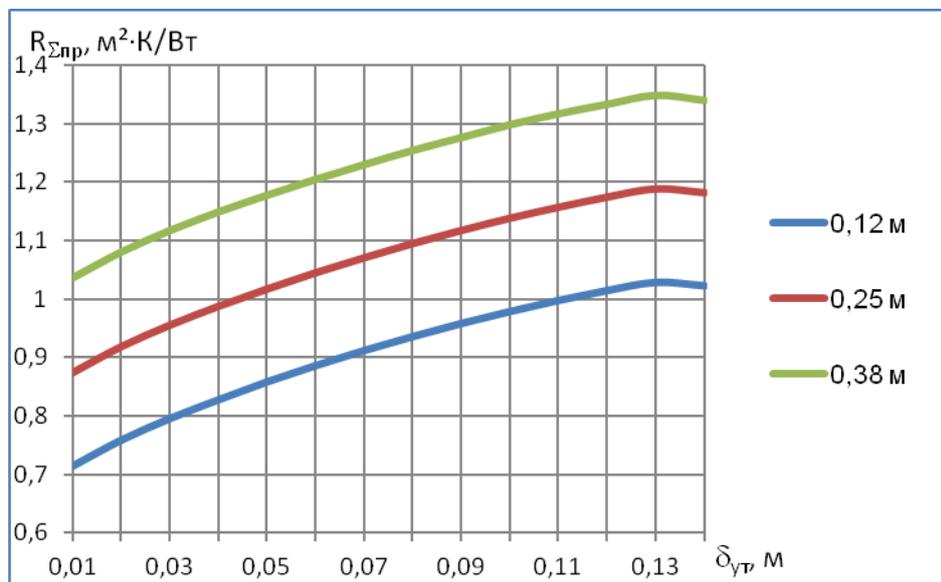


Рисунок 4.9 Графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини внутрішнього цегляного шару та товщини утеплювача

д)

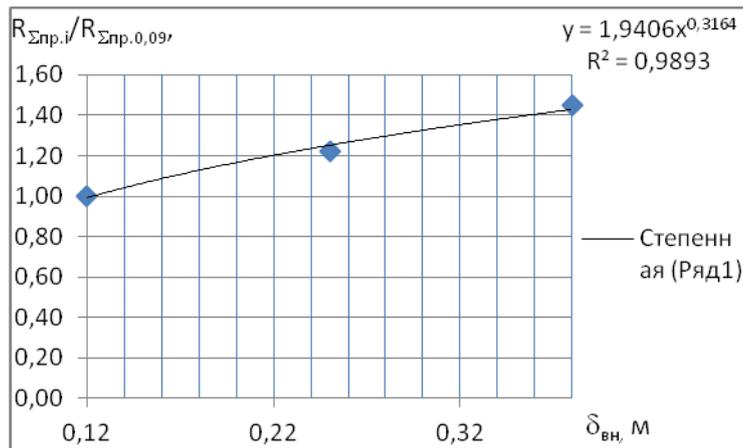


Рисунок 4.10.2. Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини внутрішнього цегляного шару:

д) степеневий.

Другий діапазон:

а)

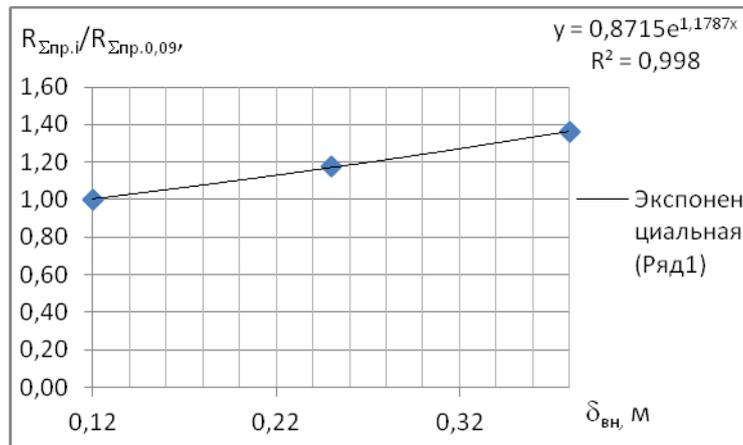
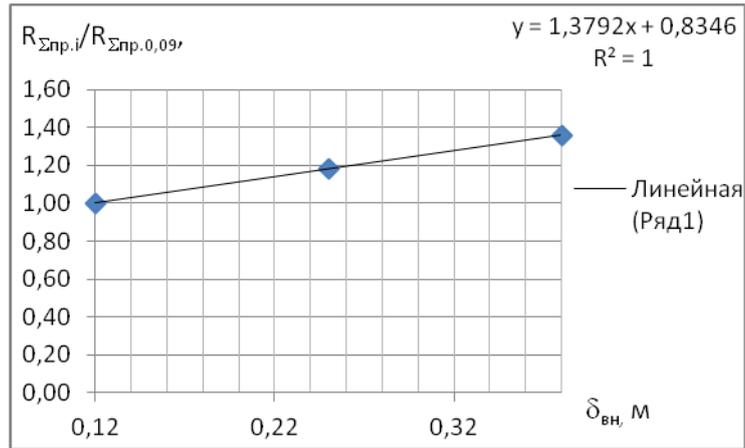


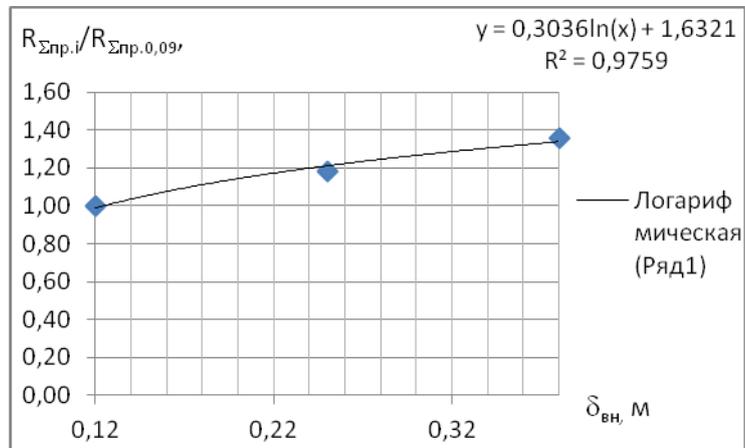
Рисунок 4.11 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від внутрішнього цегляного шару:

а) експоненціальний,

б)



в)



г)

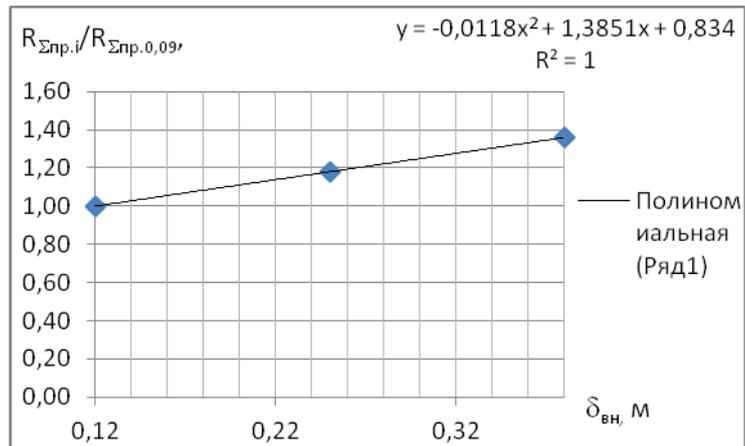


Рисунок 4.11.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від внутрішнього цегляного шару:

б) лінійний, в) логарифмічний, г) поліноміальний,

д)

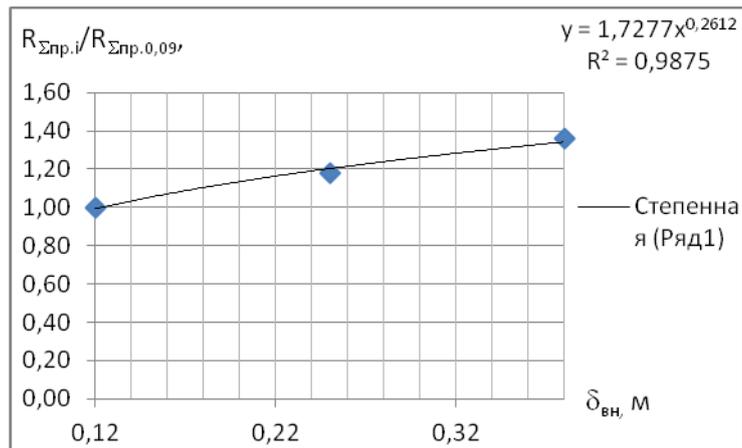


Рисунок 4.11.2 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від внутрішнього цегляного шару:

д) степеневий.

Як видно з графіків для першого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 1$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару буде визначатися за формулою:

$$k_{\delta_{вн}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{вн} + 0,7929 \quad (4.9)$$

де $\delta_{вн}$ – товщина внутрішнього цегляного шару, м.

Для другого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 1$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару буде визначатися за формулою:

$$k_{\delta_{вн}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{вн}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{вн} + 0,834 \quad (4.10)$$

У таблиці 4.10 наведені значення приведенного опору теплопередачі розраховані за формулами (4.9 та 4.10), та визначена величина розбіжності між цими значеннями та отриманими за розрахунками температурного поля.

Результати розбіжності між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда наведені у таблиці 4.10

Таблиця 4.10

Величина розбіжності між значеннями за формулами (4.9 та 4.10) та розрахунками температурного поля

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %		
	Товщина внутрішнього цегляного шару		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,0044	0,0048	0,0011
0,02	0,0044	1,0949	1,8566
0,03	0,0044	1,9478	3,2915
0,04	0,0042	-1,1617	-2,0465
0,05	0,0042	-0,4853	-0,9057
0,06	0,0042	0,0050	0,0050
0,07	0,0042	0,4608	0,7915
0,08	0,0042	0,8083	1,4241
0,09	0,0042	1,1715	2,0620
0,1	0,0042	1,4192	2,4621
0,11	0,0042	1,7108	2,9590
0,12	0,0042	1,9125	3,4204
0,13	0,0042	2,0821	3,6407
0,14	0,0042	2,0931	3,7438
Середня за абсолютною величиною розбіжність			1,1%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність			3,7%

Як видно з таблиці 4.10 при застосуванні формул (4.9 та 4.10) середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунками температурного поля та формулами (4.9 та 4.10) складає 1,1%, а максимальна 3,7%.

Значення коефіцієнта можливо визначати за укрупненими значеннями $k_{\text{сн}}$ приведеним у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Укрупнені значення коефіцієнта, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару.

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\text{вн}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
від 0 м до 0,03 м	1,0000	1,2245	1,4489
від 0 м до 0,04 м	1,0000	1,1795	1,3586

4.2.4. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару.

Зміна коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару приймалася від 0,5 Вт/(м·К) до 0,9 Вт/(м·К) з кроком 0,1 Вт/(м·К). Дані межі були прийняті для існуючих будівельних матеріалів, а саме для повнотілої цегли.

Температурне поле огорожувальної конструкції з коефіцієнтом теплопровідності 0,5 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,01м та з коефіцієнтом теплопровідності 0,9 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,14м наведено на рисунку 4.12.

											Арк
											83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2мБП. 9976668. ПЗ						

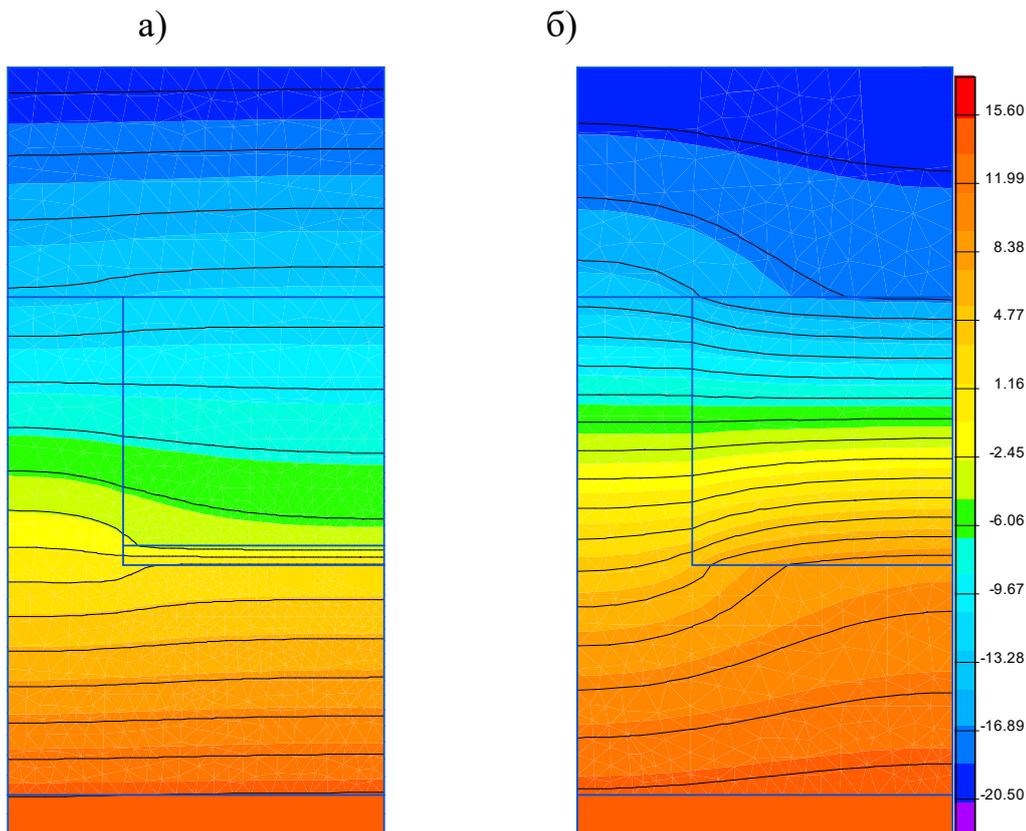


Рисунок 4.12. Температурне поле огорожувальної конструкції: а) з коефіцієнтом теплопровідності $0,5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ та товщиною утеплювача $0,01\text{м}$; б) з коефіцієнтом теплопровідності $0,9 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ та товщиною утеплювача $0,14\text{м}$

Результати розрахунку приведенного опору теплопередачі наведені у таблиці 4.12

Таблиця 4.12

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару 1 уг , $\text{м}^2\cdot\text{°К}/\text{Вт}$				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,01	0,714847	0,717729	0,750481	0,791993	0,84716
0,02	0,759318	0,762641	0,799492	0,845961	0,907007
0,03	0,796073	0,799727	0,840629	0,891963	0,959039
0,04	0,828063	0,832106	0,876845	0,932897	1,005945

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2МБП. 9976668. ПЗ

Арк

84

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару $\lambda_{ут}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°K}/\text{Вт}$				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,05	0,858572	0,862895	0,88598	0,942951	1,017126
0,06	0,886349	0,891021	0,911326	0,972003	1,050943
0,07	0,912149	0,916959	0,942886	1,007888	1,092437
0,08	0,936016	0,94126	0,972049	1,041163	1,13109
0,09	0,958394	0,963824	0,999329	1,072228	1,167332
0,1	0,97874	0,984375	1,024659	1,101221	1,201038
0,11	0,997667	1,00364	1,04773	1,127571	1,23182
0,12	1,014449	1,020535	1,069205	1,15198	1,260233
0,13	1,028255	1,03447	1,082603	1,167182	1,27791
0,14	1,02258	1,028752	1,097429	1,184313	1,298228

Використовуючи отримані дані був побудований графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини та коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару (рисунок 4.13)

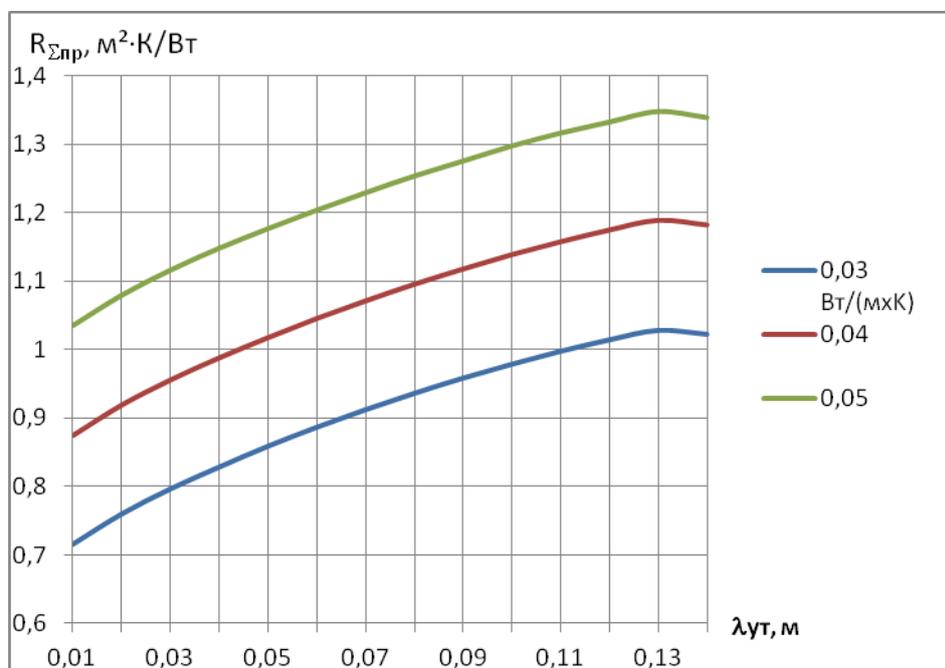
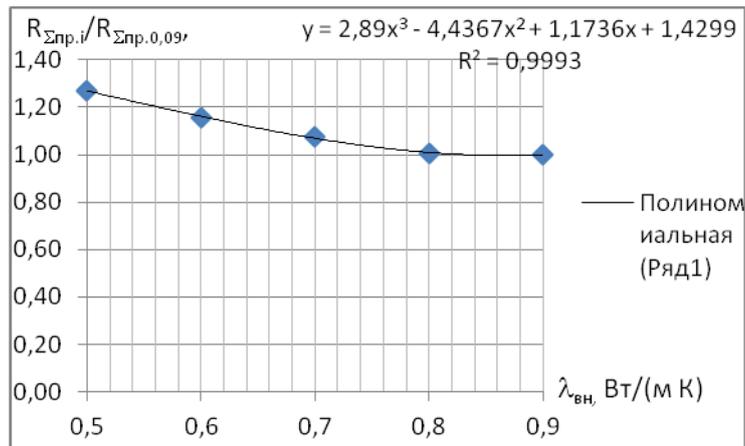


Рисунок 4.13. Графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини та коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару

г)



д)

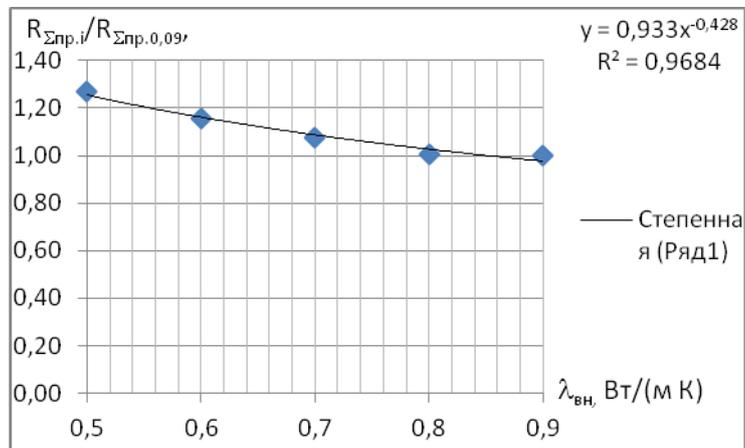


Рисунок 4.14.1. Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару: г) поліноміальний, д) степеневий

Як видно з графіків для даного діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 0,9993$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару буде визначатися за формулою.

$$k_{\lambda_{вн}} = 2,89 \lambda_{вн}^3 - 4,4367 \cdot \lambda_{вн}^2 + 1,1736 \cdot \lambda_{вн} + 1,4299 \quad (4.11)$$

$\lambda_{вн}$ – коефіцієнт теплопровідності внутрішнього цегляного шару, Вт/(м·К).

У таблиці 13 наведені значення приведенного опору теплопередачі розраховані за формулою (4.11), та визначена величина розбіжності між цими значеннями та отриманими за розрахунками температурного поля. Результати розбіжності між розрахунковими значеннями та отриманими за формулою тренда наведені у таблиці 4.14

Таблиця 4.14

Величина розбіжності між значеннями за формулою (4.11) та розрахунками температурного поля

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулою тренда, %				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,01	-0,0777	0,4921	1,7963	4,7989	7,0612
0,02	-0,0777	0,4576	1,5005	4,2170	6,2179
0,03	-0,0777	0,4362	1,2062	3,6266	5,3177
0,04	-0,0777	0,4070	0,9251	3,0611	4,4417
0,05	-0,0777	0,3917	3,5646	5,7189	7,0993
0,06	-0,0777	0,3682	3,9417	5,8772	7,0065
0,07	-0,0777	0,3679	3,3868	5,0797	5,9385
0,08	-0,0777	0,3351	2,9091	4,3830	4,9955
0,09	-0,0777	0,3288	2,4930	3,7820	4,1680
0,1	-0,0777	0,3196	2,0814	3,1948	3,3940
0,11	-0,0777	0,2967	1,7642	2,7323	2,7597
0,12	-0,0777	0,2955	1,3977	2,2470	2,1325
0,13	-0,0777	0,2910	1,5057	2,2886	2,0905
0,14	-0,0777	0,2919	-0,4183	0,2527	-0,0619
Середня за абсолютною величиною розбіжність					1,54%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність					5,88%

Як видно з таблиці 4.14 при застосуванні формули (4.11) середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунками температурного поля та формулою (4.11) складає 1,54%, а максимальна 5,88%.

Значення коефіцієнта можливо визначати за укрупненими значеннями $k_{\text{Ден}}$ приведеним у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15

Укрупнені значення коефіцієнта, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару.

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\text{Ден}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
від 0 м до 0,14 м	0,9992	1,0090	1,0687	1,1611	1,2688

4.2.5. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару.

Зміна товщини зовнішнього цегляного шару приймалася від 0,12 м до 0,38 м з кроком 0,13 м. Дані межі були прийняті для існуючих будівельних матеріалів, а саме для повнотілої цегли.

Розрахунок даної конструкції виконувався за допомогою програмного комплексу ELCUT.

Температурне поле огорожувальної конструкції з товщиною зовнішнього цегляного шару 0,12м та 0,38м наведено на рисунку 4.15

Таблиця 4.16

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної
кладки від товщини зовнішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару $\delta_{вн}$, м		
	Товщина зовнішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,714847	0,875252	1,035699
0,02	0,759318	0,919677	1,08009
0,03	0,796073	0,956128	1,116641
0,04	0,828063	0,988211	1,148539
0,05	0,858572	1,017657	1,177147
0,06	0,886349	1,04543	1,204164
0,07	0,912149	1,070979	1,229545
0,08	0,936016	1,095213	1,253847
0,09	0,958394	1,117372	1,2758
0,1	0,97874	1,138306	1,297796
0,11	0,997667	1,156992	1,316509
0,12	1,014449	1,174126	1,332682
0,13	1,028255	1,188127	1,347948
0,14	1,02258	1,181443	1,339176

Таблиця 4.17

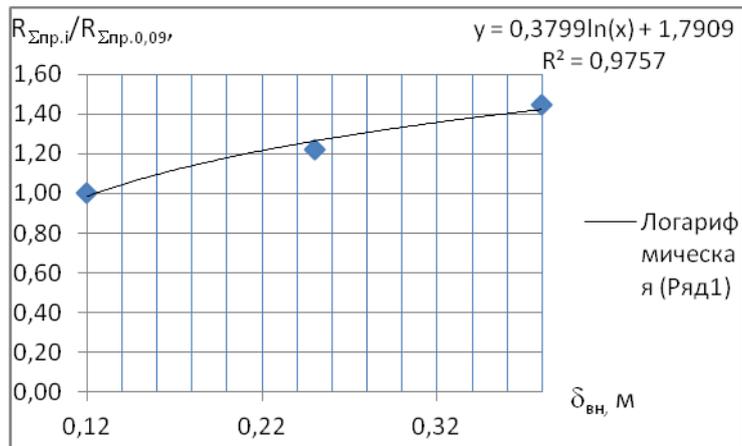
Величина відносного збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від збільшення товщини зовнішнього цегляного шару δ_{zn}

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару δ_{zn} , м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	1,0000	1,2244	1,4488
0,02	1,0000	1,2112	1,4224
0,03	1,0000	1,2011	1,4027
0,04	1,0000	1,1934	1,3870
0,05	1,0000	1,1853	1,3711
0,06	1,0000	1,1795	1,3586
0,07	1,0000	1,1741	1,3480
0,08	1,0000	1,1701	1,3396
0,09	1,0000	1,1659	1,3312
0,1	1,0000	1,1630	1,3260
0,11	1,0000	1,1597	1,3196
0,12	1,0000	1,1574	1,3137
0,13	1,0000	1,1555	1,3109
0,14	1,0000	1,1554	1,3096

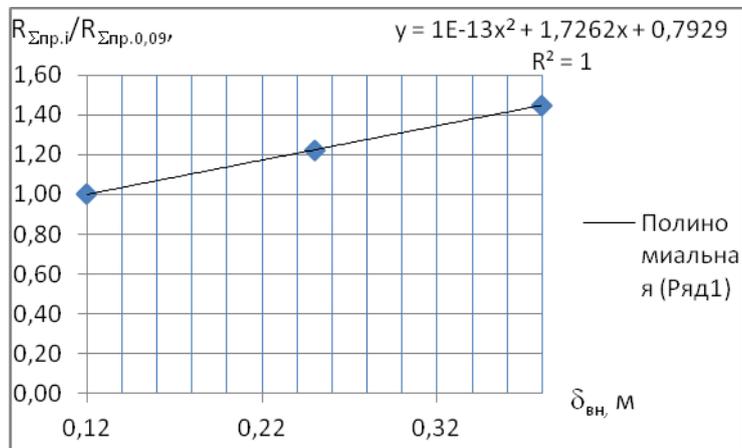
Як видно з таблиці 4.17 при товщині зовнішнього цегляного шару 0,38м коефіцієнт відносного збільшення приведенного опору δ_{zn} найбільший при товщині утеплювача 0,01м та складає 1,4488, а найменший при товщині 0,14м та складає 1,3096. Якщо дані отримані в таблиці 4.17 описати однією формулою, то похибка між максимальним та мінімальним значенням буде

									Арк
									95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

в)



г)



д)

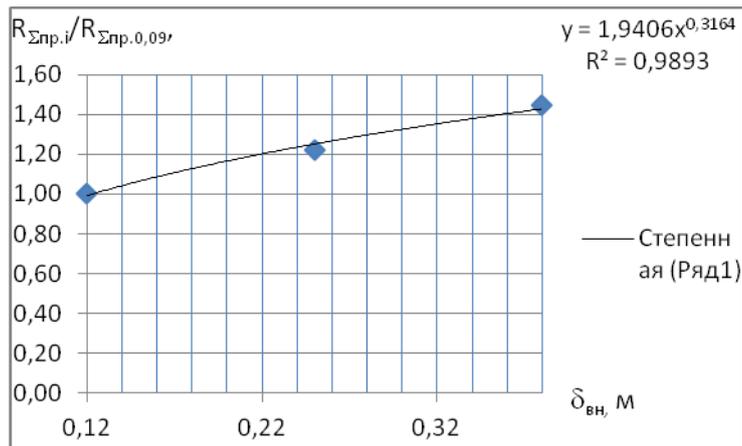
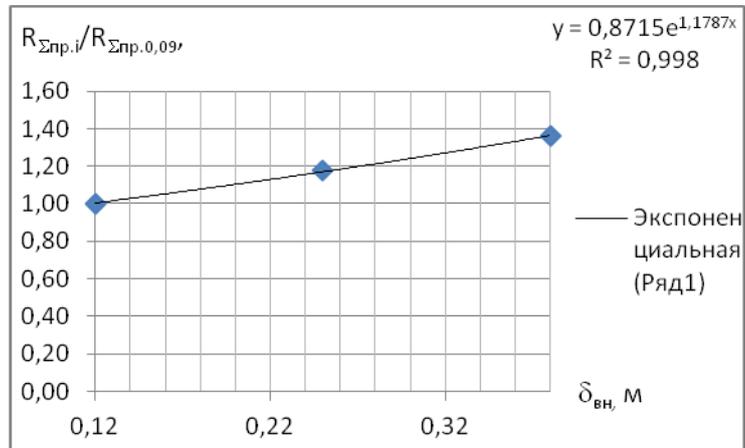


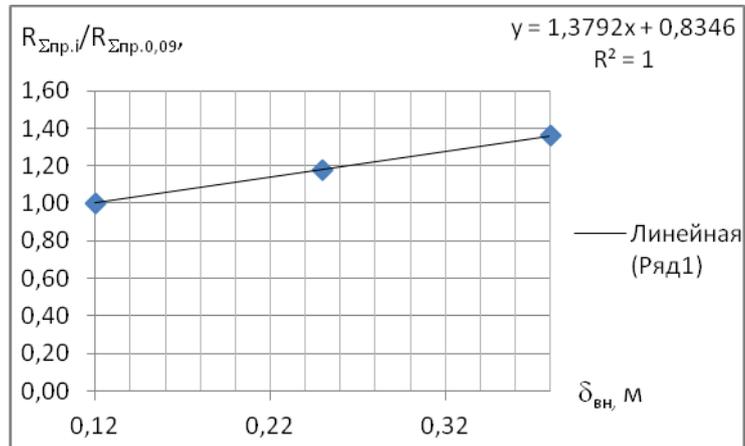
Рисунок 4.17.1. Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини зовнішнього цегляного шару: в) логарифмічний, г) поліноміальний, д) степеневий.

Другий діапазон:

а)



б)



в)

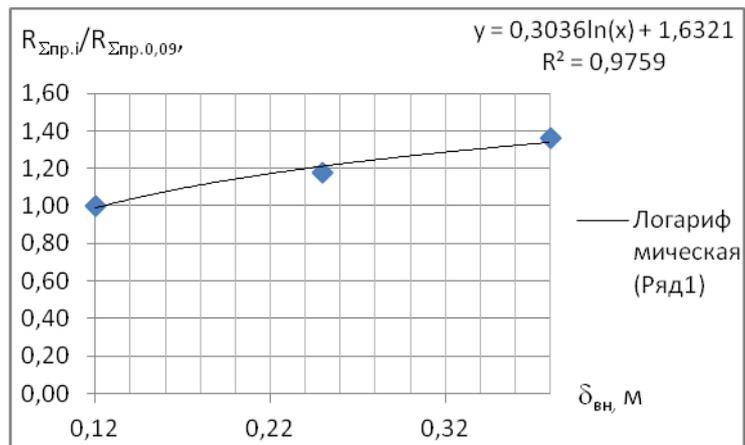
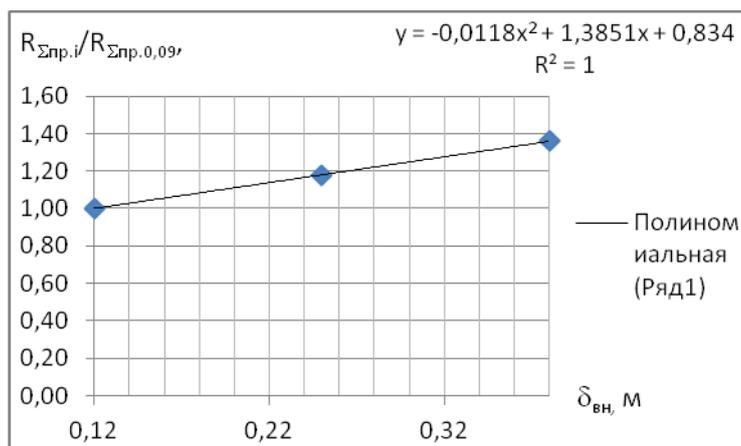


Рисунок 4.18. Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини зовнішнього цегляного шару:

а) експоненціальний, б) лінійний, в) логарифмічний,

г)



д)

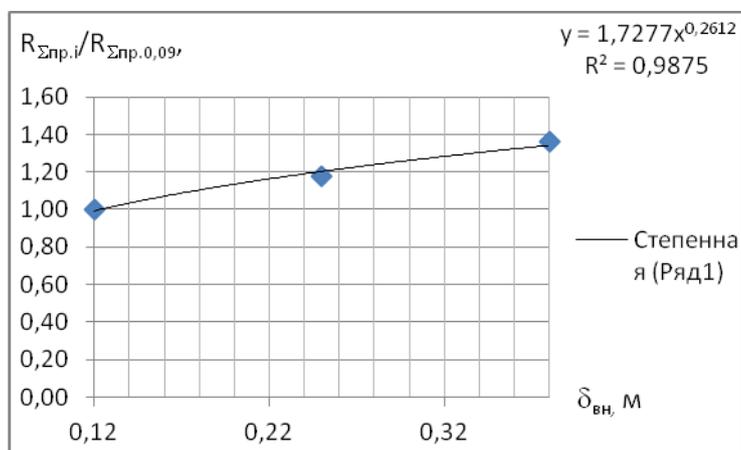


Рисунок 4.18.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від товщини зовнішнього цегляного шару: г) поліноміальний, д) степеневий.

Як видно з графіків для першого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 1$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару буде визначатися за формулою:

$$k_{\delta_{вн}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{вн} + 0,7929 \quad (4.12)$$

де $\delta_{вн}$ – товщина зовнішнього цегляного шару, м.

Для другого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 1$. Тоді коефіцієнт збільшення

приведенного опору теплопередачів в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару буде визначатися за формулою:

$$k_{\text{вн}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{\text{вн}}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{\text{вн}} + 0,834 \quad (4.13)$$

У таблиці 4.18 наведено значення приведенного опору теплопередачі розраховані за формулами (4.12 та 4.13), та визначена величина розбіжності між цими значеннями та отриманими за розрахунками температурного поля.

Таблиця 4.18

Величина розбіжності між значеннями за формулами (4.12 та 4.13) та розрахунками температурного поля

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %		
	Товщина зовнішнього цегляного шару		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,0044	0,0048	0,0011
0,02	0,0044	1,0949	1,8566
0,03	0,0044	1,9478	3,2915
0,04	0,0042	-1,1617	-2,0465
0,05	0,0042	-0,4853	-0,9057
0,06	0,0042	0,0050	0,0050
0,07	0,0042	0,4608	0,7915
0,08	0,0042	0,8083	1,4241
0,09	0,0042	1,1715	2,0620
0,1	0,0042	1,4192	2,4621
0,11	0,0042	1,7108	2,9590
0,12	0,0042	1,9125	3,4204
0,13	0,0042	2,0821	3,6407
0,14	0,0042	2,0931	3,7438
Середня за абсолютною величиною розбіжність			1,1%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність			3,7%

Як видно з таблиці 4.18 при застосуванні формул (4.12 та 4.13) середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунками температурного поля та формулами (4.12 та 4.13) складає 1,1%, а максимальна 3,7%.

Значення коефіцієнта можливо визначати за укрупненими значеннями $k_{\text{звн}}$ приведеним у таблиці 4.19.

Таблиця 4.19

Укрупнені значення коефіцієнта, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару.

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\text{звн}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
від 0 м до 0,03 м	1,0000	1,2245	1,4489
від 0 м до 0,04 м	1,0000	1,1795	1,3586

4.2.6. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару.

Зміна коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару приймалася від 0,52 Вт/(м·К) до 0,81 Вт/(м·К) з кроком 0,06 Вт/(м·К). Дані межі були прийняті для існуючих будівельних конструкцій, а саме повнотілої цегли.

Температурне поле огорожувальної конструкції з коефіцієнтом теплопровідності 0,52 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,01м та з

коефіцієнтом теплопровідності 0,81 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,14м наведено на рисунку 4.19

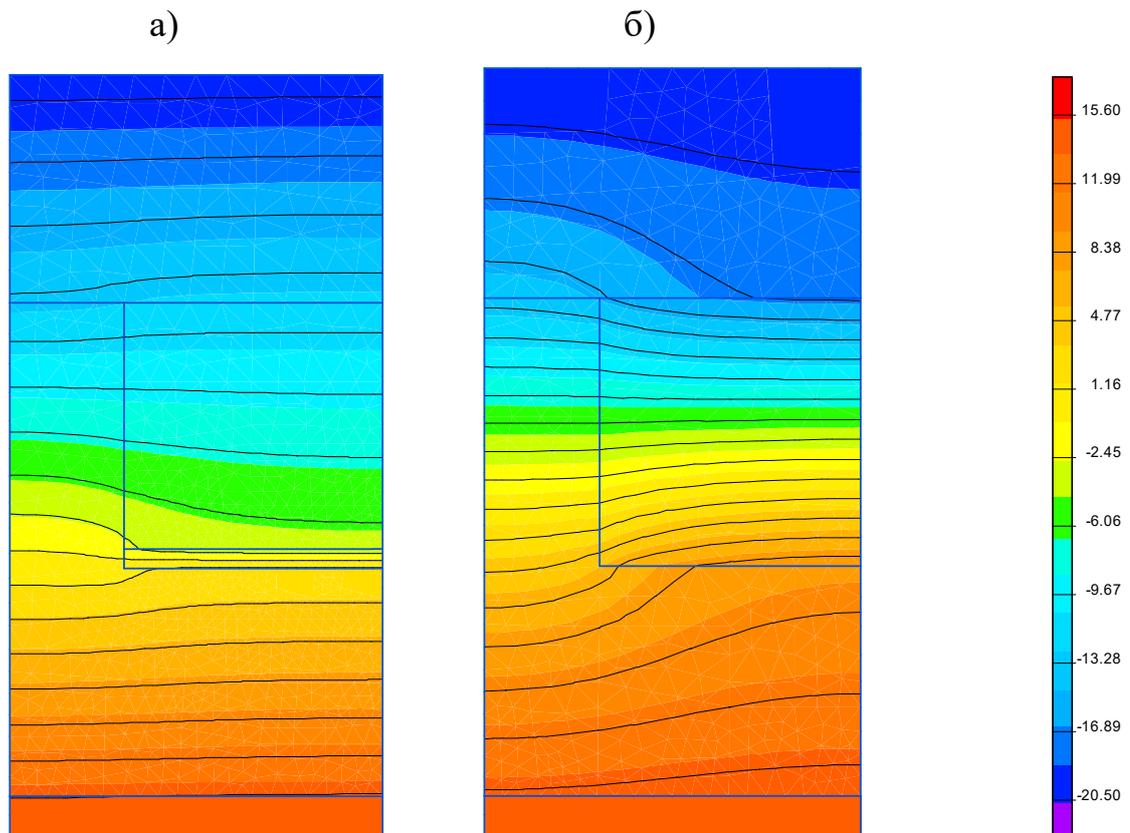


Рисунок 4.19. Температурне поле огорожувальної конструкції: а) з коефіцієнтом теплопровідності 0,52 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,01м; б) з коефіцієнтом теплопровідності 0,81 Вт/(м·К) та товщиною утеплювача 0,14м

Результати розрахунку приведенного опору теплопередачі наведені у таблиці 4.20

Таблиця 4.20

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару 1 ут, м ² ·°К/Вт			
	0,81	0,64	0,58	0,52
0,01	0,714847	0,754213	0,773663	0,797546
0,02	0,759318	0,798869	0,818264	0,84222
0,03	0,796073	0,835706	0,855219	0,879227
0,04	0,828063	0,867989	0,887603	0,911722
0,05	0,858572	0,898785	0,918043	0,942828
0,06	0,886349	0,927089	0,947051	0,971565
0,07	0,912149	0,953368	0,973603	0,998427
0,08	0,936016	0,978249	0,998866	1,024121
0,09	0,958394	1,001639	1,02274	1,048562
0,1	0,97874	1,023238	1,044936	1,071443
0,11	0,997667	1,043844	1,066254	1,093619
0,12	1,014449	1,062271	1,085501	1,113846
0,13	1,028255	1,077717	1,101739	1,131044
0,14	1,02258	1,071176	1,094788	1,123611

Використовуючи отримані дані був побудований графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини та коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару (рисунок 4.20).

Таблиця 4.21

Величина відносного збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від зменшення коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару $k_{ДЗН}$

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару l ут, $m^2 \cdot ^\circ K / Wt$			
	0,81	0,64	0,58	0,52
0,01	1,000000	1,055069127	1,082277746	1,115687693
0,02	1,000000	1,052087531	1,077630189	1,109179553
0,03	1,000000	1,049785635	1,074297206	1,104455245
0,04	1,000000	1,048216138	1,071902742	1,101029753
0,05	1,000000	1,046837074	1,069267342	1,098135043
0,06	1,000000	1,045963836	1,068485439	1,096142716
0,07	1,000000	1,045188889	1,067372765	1,094587617
0,08	1,000000	1,045119955	1,067146288	1,094127664
0,09	1,000000	1,045122361	1,067139402	1,094082392
0,1	1,000000	1,045464577	1,067633897	1,094716677
0,11	1,000000	1,046284983	1,068747388	1,096176379
0,12	1,000000	1,047140862	1,070039992	1,097981269
0,13	1,000000	1,048102854	1,071464763	1,099964503
0,14	1,000000	1,047522932	1,070613546	1,098800094

Як видно з таблиці 4.21 при коефіцієнті теплопровідності зовнішнього цегляного шару 0,52 Вт/(м·К) коефіцієнт відносного збільшення приведенного опору $k_{ДЗН}$ найбільший при товщині утеплювача 0,01м та складає 1,115687, а найменший при товщині 0,14м та складає 1,0988. Якщо дані отримані в

									Арк
									105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ				

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %			
	0,81	0,64	0,58	0,52
0,07	0,0106	0,9713	1,4803	1,8973
0,08	0,0106	0,9779	1,5018	1,9402
0,09	0,0106	0,9777	1,5025	1,9444
0,1	0,0106	0,9446	1,4555	1,8853
0,11	0,0106	0,8655	1,3498	1,7497
0,12	0,0106	0,7830	1,2273	1,5824
0,13	0,0106	0,6905	1,0927	1,3992
0,14	0,0106	0,7463	1,1731	1,5067
Середня за абсолютною величиною розбіжність				0,8%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність				1,9%

Як видно з таблиці 4.22 при застосуванні формули (4.14) середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунками температурного поля та формулою (4.14) складає 0,8%, а максимальна 1,9%. Значення коефіцієнта визначаємо за значеннями $k_{дзн}$ приведеними у таблиці 4.23.

Таблиця 4.23

Укрупнені значення коефіцієнта, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару.

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $K_{дзн}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару, м			
	0,81	0,64	0,58	0,52
від 0 м до 0,03 м	1,0001	1,0553	1,0832	1,1154

										Арк
										110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ					

4.2.7. Визначення коефіцієнту, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості.

Зміна відстані між діафрагмами жорсткості приймалася від 0,39 м до 1,17 м з кроком 0,23 м. Дані межі були прийняті для існуючих будівельних матеріалів, а саме для повнотілої цегли.

Температурне поле огорожувальної конструкції з відстанню між діафрагмами жорсткості 0,39м та 1,17м наведено на рисунку 4.23

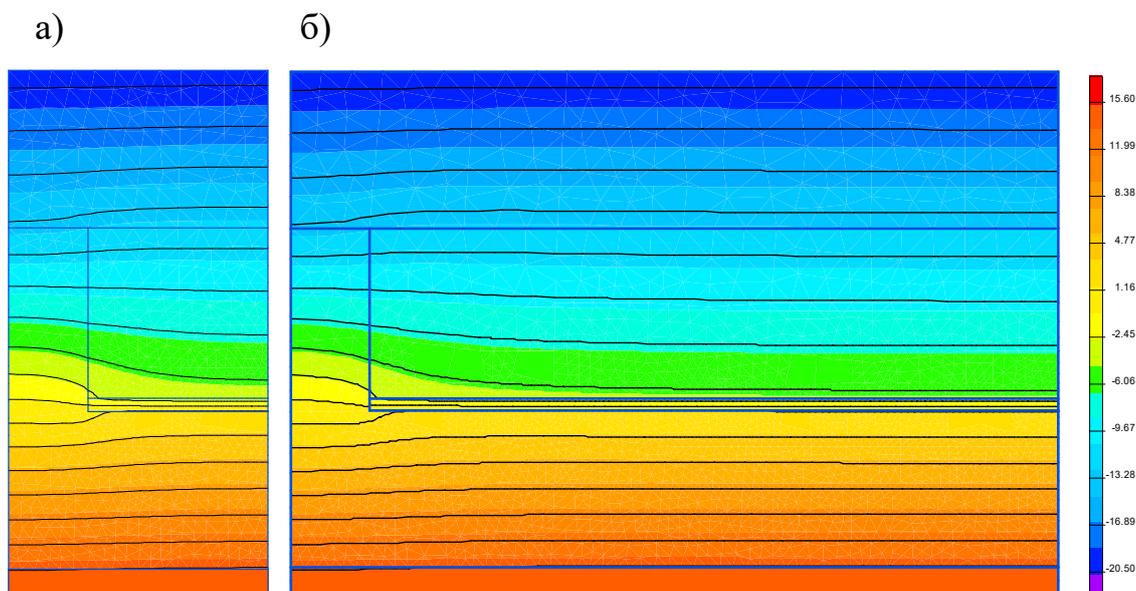


Рисунок 4.23. Температурне поле огорожувальної конструкції: а) з відстанню між діафрагмами жорсткості 0,39м; б) з відстанню між діафрагмами жорсткості 1,17м

Розрахунок був виконаний за допомогою програмного комплексу ELCUT.

Результати розрахунку приведенного опору теплопередачі наведено у таблиці 4.24

Таблиця 4.24.

Залежність приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості, м						
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
0,01	0,71484	0,72737	0,7352	0,74060	0,7445	0,74745	0,7497
0,02	0,75931	0,78516	0,8022	0,81419	0,8229	0,82959	0,8349
0,03	0,79607	0,83492	0,8615	0,88059	0,8945	0,90554	0,9277
0,04	0,82806	0,88007	0,9161	0,94219	0,9615	0,97884	1,0030
0,05	0,85857	0,92151	0,9665	0,99987	1,0251	1,04422	1,0750
0,06	0,88634	0,96042	1,0142	1,05466	1,0850	1,10936	1,1448
0,07	0,91214	0,99653	1,0589	1,10630	1,1426	1,17117	1,2120
0,08	0,93601	1,03067	1,0962	1,15231	1,2022	1,23076	1,2771
0,09	0,95839	1,06256	1,1297	1,19919	1,2484	1,29206	1,3410
0,1	0,97874	1,09227	1,1582	1,24591	1,2986	1,34152	1,3771
0,11	0,99766	1,11948	1,1869	1,28712	1,3457	1,39312	1,4324
0,12	1,01444	1,14429	1,2091	1,32545	1,3893	1,44177	1,4850
0,13	1,02825	1,16558	1,2341	1,35956	1,4283	1,48531	1,5329
0,14	1,02258	1,1180	1,2168	1,34726	1,4140	1,46882	1,5148

Використовуючи отримані дані був побудований графік залежності приведенного опору теплопередачі від відстані між діафрагмами жорсткості та товщиною утеплювача (рисунок 4.24)

Таблиця 4.25.

Величина відносного збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від збільшення відстані між діафрагмами жорсткості l_d

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості l_d , м						
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
0,01	1,0000	1,0175	1,0285	1,0360	1,0415	1,0456	1,0488
0,02	1,0000	1,0340	1,0566	1,0723	1,0838	1,0926	1,0996
0,03	1,0000	1,0488	1,0822	1,1062	1,1237	1,1375	1,1654
0,04	1,0000	1,0628	1,1063	1,1378	1,1612	1,1821	1,2113
0,05	1,0000	1,0733	1,1257	1,1646	1,1940	1,2162	1,2522
0,06	1,0000	1,0836	1,1443	1,1899	1,2242	1,2516	1,2917
0,07	1,0000	1,0925	1,1610	1,2129	1,2527	1,2840	1,3288
0,08	1,0000	1,1011	1,1712	1,2311	1,2844	1,3149	1,3645
0,09	1,0000	1,1087	1,1788	1,2513	1,3027	1,3482	1,3993
0,1	1,0000	1,1160	1,1834	1,2730	1,3269	1,3707	1,4345
0,11	1,0000	1,1221	1,1897	1,2901	1,3489	1,3964	1,4358
0,12	1,0000	1,1280	1,1919	1,3066	1,3695	1,4212	1,4639
0,13	1,0000	1,1336	1,2002	1,3222	1,3891	1,4445	1,4909
0,14	1,0000	1,0933	1,1900	1,3175	1,3829	1,4364	1,4814

Як видно з таблиці 4.25 при відстані між діафрагмами жорсткості коефіцієнт відносного збільшення приведенного опору l_d найбільший при відстані між діафрагмами жорсткості 1,17 та товщині утеплювача 0,14м та складає 1,4814, а найменший при відстані між діафрагмами жорсткості 1,17 та товщині утеплювача 0,01м та складає 1,0488.

Якщо дані отримані в таблиці 4.25 описати однією формулою, то похибка між максимальним та мінімальним значенням буде складати 42,2%.

Для підвищення точності значення в таблиці 4.25 розбиваємо на чотири діапазони: перший з товщиною утеплювача від 0,01м до 0,02м, другий від 0,03м до 0,04м, третій від 0,05м до 0,07м, а четвертий від 0,08м до 0,14м.

У вибраних діапазонах формули, що описують l_d приймаємо за найбільшими значеннями, тобто для першого діапазону при товщині утеплювача 0,02м, для другого діапазону при товщині утеплювача 0,04м, для третього діапазону при товщині утеплювача 0,07м, а для четвертого діапазону при товщині утеплювача 0,14м.

Для кожного з діапазонів були отримані графіки залежності приведенного опору теплопередачі від відстані між діафрагмами жорсткості на яких чітко видно зміна приведенного опору цегляних стін полегшеної кладки зі зміною відстані між діафрагмами жорсткості.

Для першого діапазону на рисунку 4.25, для другого на рисунку 4.26, для третього на рисунку 4.27, а для четвертого на рисунку 4.28.

Перший діапазон:

а)

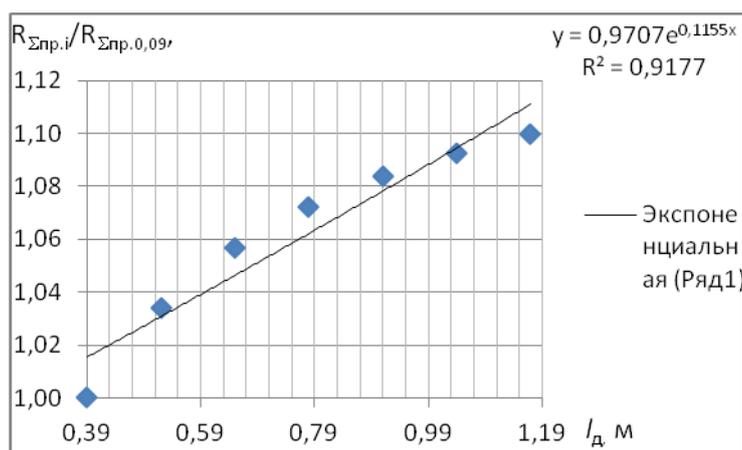
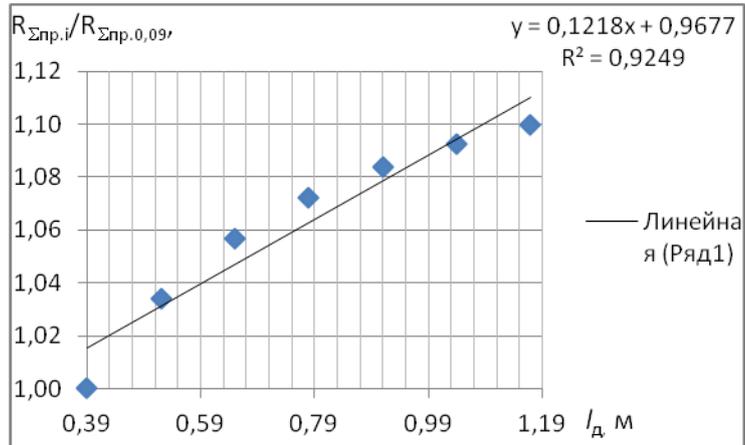


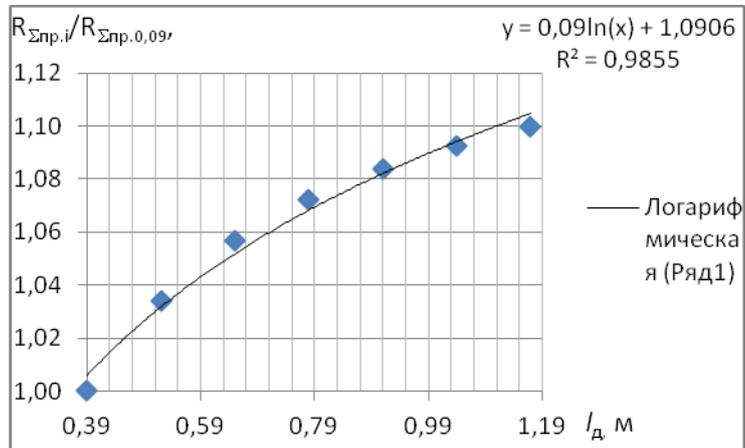
Рисунок 4.25. Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості:

а) експоненціальний,

б)



в)



г)

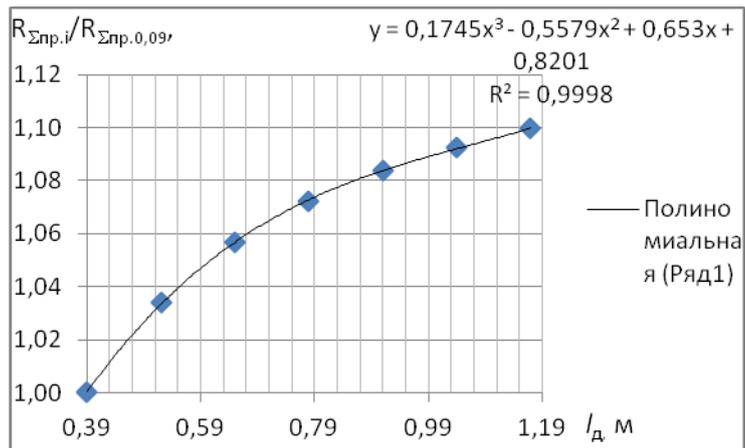


Рисунок 4.25.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості:

б) лінійний, в) логарифмічний, г) поліноміальний,

д)

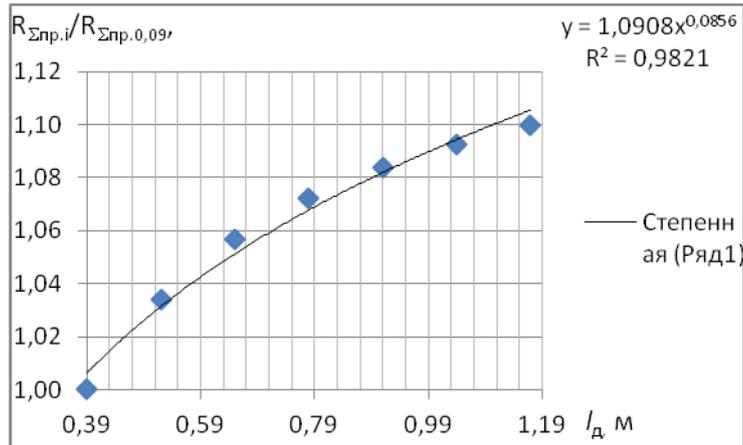
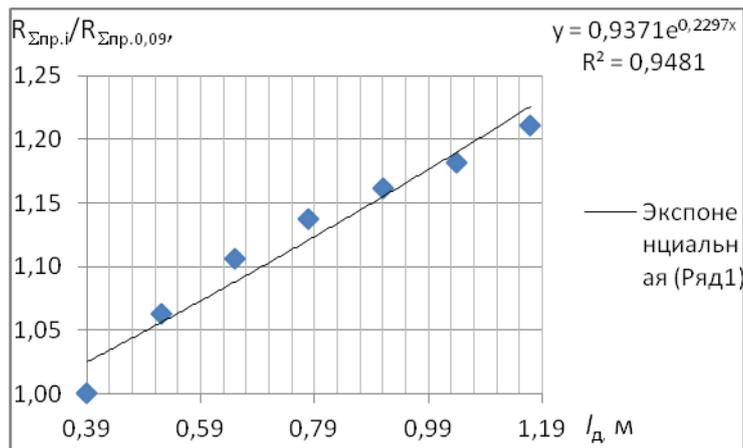


Рисунок 4.25.2 Графік залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни від відстані між діафрагмами жорсткості: д) степеневий
Другий діапазон:

а)



б)

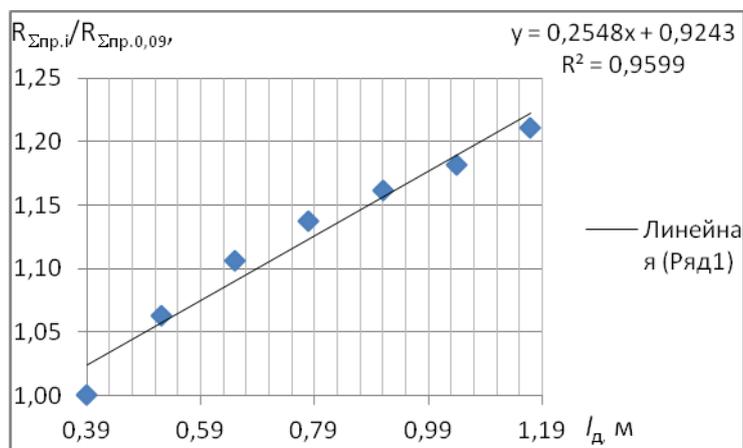
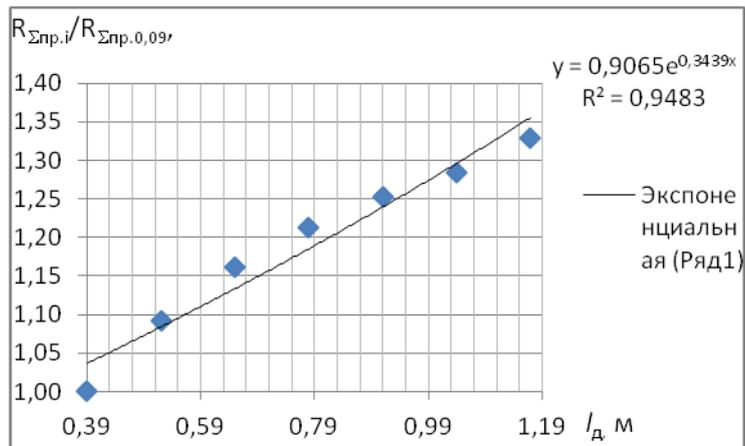


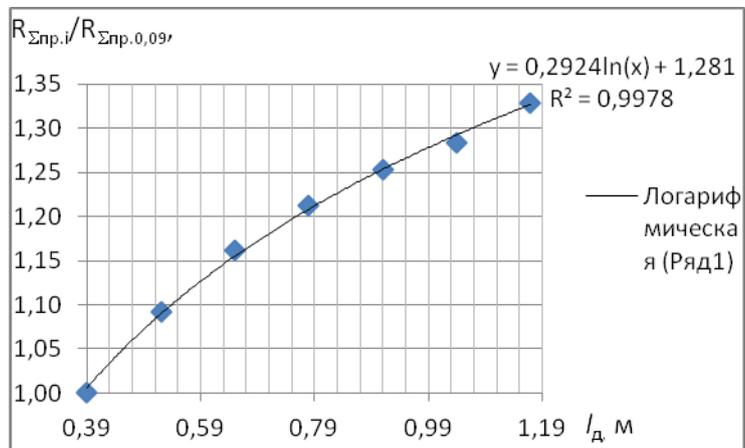
Рисунок 4.26. Графіки залежності $R_{пр}$ теплопередачі цегляної стіни від відстані між діафрагмами жорсткості: а) експоненціальний, б) лінійний,

Третій діапазон:

а)



б)



в)

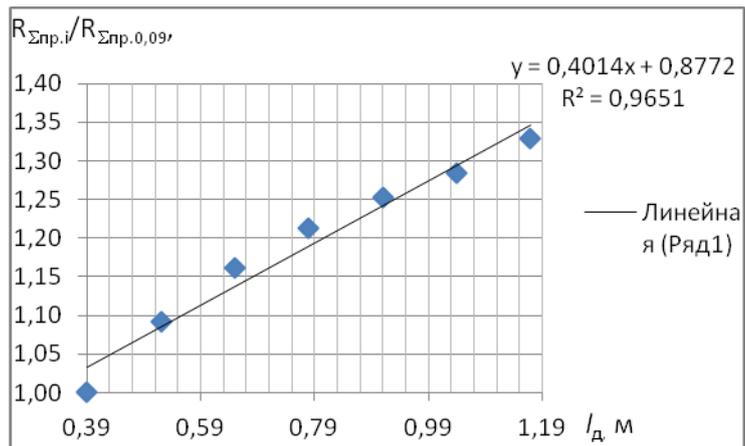
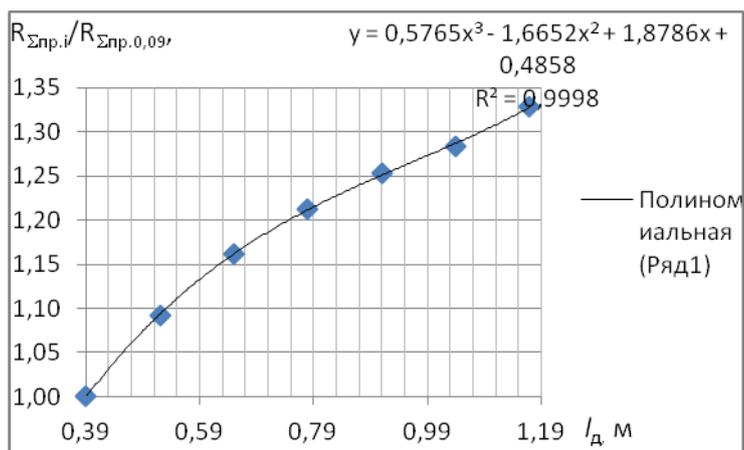


Рисунок 4.27. Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості:

а) експоненціальний, б) лінійний, в) логарифмічний,

Г)



Д)

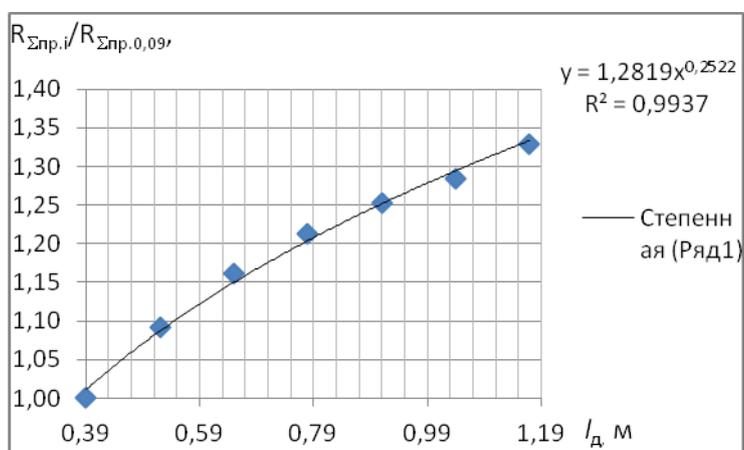


Рисунок 4.27.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості:

г) поліноміальний, д) степеневий.

Четвертий діапазон:

а)

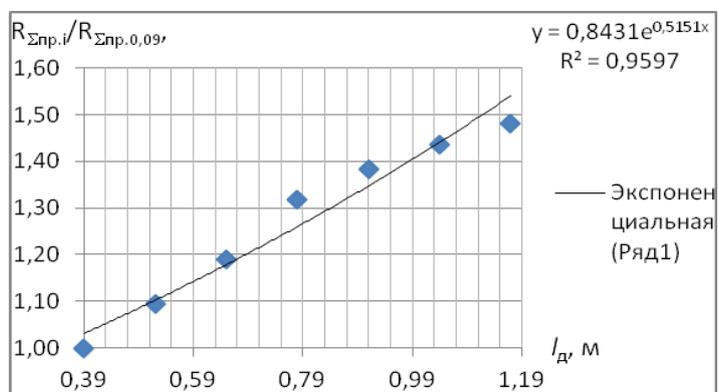
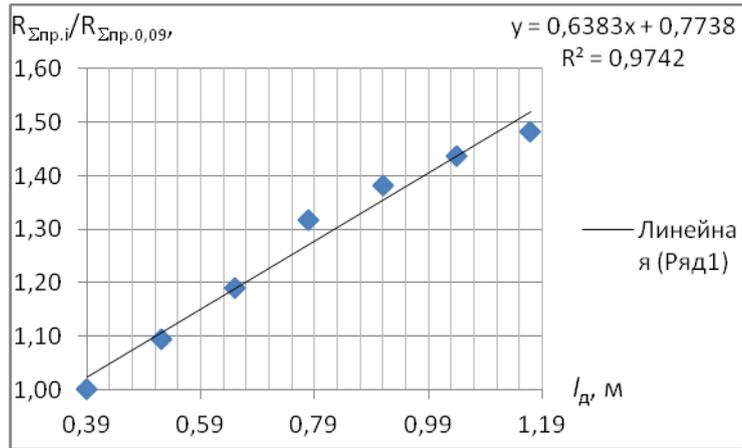
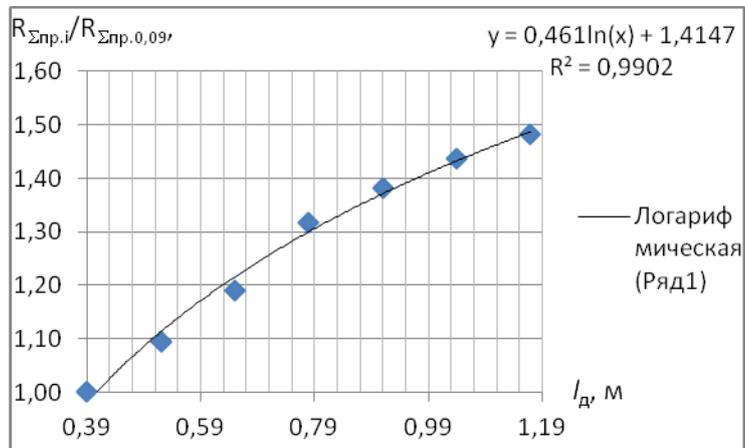


Рисунок 4.28. Графіки залежності $R_{пр}$ теплопередачі цегляної стіни від відстані між діафрагмами жорсткості: а) експоненціальний

б)



в)



г)

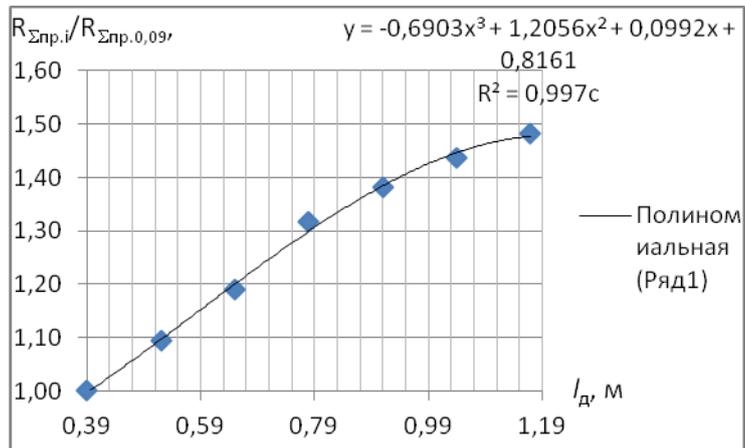


Рисунок 4.28.1 Графіки залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості:

б) лінійний, в) логарифмічний, г) поліноміальний,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

д)

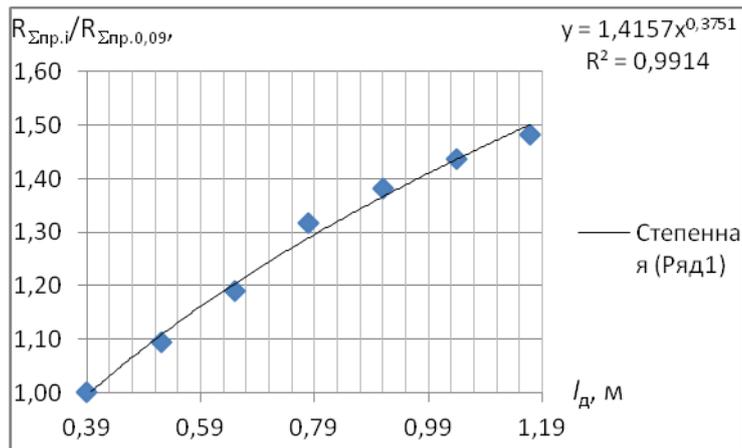


Рисунок 4.28.2 Графік залежності приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки від відстані між діафрагмами жорсткості:

д) степеневий.

Як видно з графіків для першого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 0,9998$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості буде визначатися за формулою:

$$k_{i\partial}^1 = 0,1745 \cdot l_{\partial}^3 - 0,5579 \cdot l_{\partial}^2 + 0,653 \cdot l_{\partial} + 0,8201 \quad (4.15)$$

де l_{∂} – відстань між діафрагмами жорсткості, м.

Для другого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 0,9999$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості буде визначатися за формулою:

$$k_{i\partial}^2 = 0,4691 \cdot l_{\partial}^3 - 1,307 \cdot l_{\partial}^2 + 1,382 \cdot l_{\partial} + 0,6318 \quad (4.16)$$

Для третього діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 0,9998$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості буде визначатися за формулою:

$$k_{i\partial}^3 = 0,5765 \cdot l_{\partial}^3 - 1,6652 \cdot l_{\partial}^2 + 1,8786 \cdot l_{\partial} + 0,4858 \quad (4.17)$$

Для четвертого діапазону найбільша достовірність апроксимації у поліноміальній лінії тренда, та складає $R^2 = 0,997$. Тоді коефіцієнт збільшення приведенного опору теплопередачів в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості буде визначатися за формулою:

$$k_{\text{до}}^4 = -0,6903 \cdot l_{\text{до}}^3 + 1,2056 \cdot l_{\text{до}}^2 + 0,0992 \cdot l_{\text{до}} + 0,8161 \quad (4.18)$$

У таблиці 4.26 наведені значення приведенного опору теплопередачі розраховані за формулами (4.15-4.18), та визначена величина розбіжності між цими значеннями та отриманими за розрахунками температурного поля.

Результати розбіжності між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда наведені у таблиці 4.26.

					2МБП. 9976668. ПЗ	Арк
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.26

Величина розбіжності між значеннями за формулами (4.15-4.18) та
розрахунками температурного поля

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %						
	Відстані між діафрагмами жорсткості						
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
0,01	0,0265	1,5549	2,7428	3,5508	4,0612	4,4436	4,8682
0,02	0,0265	-0,067	0,0170	0,0513	0,0055	-0,0433	0,0255
0,03	-0,0188	1,3521	2,2639	2,8039	3,2844	4,0073	3,9061
0,04	-0,0188	0,0162	0,0356	-0,055	-0,048	0,0857	-0,035
0,05	-0,0626	1,8770	3,1933	4,0355	4,7608	5,8139	6,0232
0,06	-0,0626	0,9129	1,5157	1,8221	2,1746	2,8235	2,7819
0,07	-0,0626	0,0872	0,0615	-0,105	-0,152	0,2320	-0,091
0,08	-0,2788	-0,410	2,4918	5,5479	7,7967	10,0273	8,2415
0,09	-0,2788	-1,089	1,8278	3,8460	6,2862	7,3137	5,5465
0,1	-0,2788	-1,736	1,4358	2,0742	4,3451	5,5512	2,9571
0,11	-0,2788	-2,271	0,8934	0,7163	2,6404	3,6071	2,8611
0,12	-0,2788	-2,781	0,7071	-0,550	1,0963	1,7951	0,8899
0,13	-0,2788	-3,258	0,0142	-1,726	-0,328	0,1561	-0,935
0,14	-0,2788	0,3005	0,8749	-1,376	0,1212	0,7211	-0,305
Середня за абсолютною величиною розбіжність							1,9
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність							10,0

Як видно з таблиці 4.26 при застосуванні формул (4.15-4.18) середня розбіжність між значеннями отриманими за розрахунками температурного поля та формулами (4.15-4.18) складає 1,9%, а максимальна 10,0%.

Значення коефіцієнта можливо визначати за укрупненими значеннями l_d приведеним у таблиці 4.27.

Таблиця 4.27.

Укрупнені значення коефіцієнта, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості.

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт l_d , що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості, м							Формула
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	
від 0,01 м до 0,02 м	1,0003	1,0333	1,0568	1,0728	1,0838	1,0921	1,0999	1
від 0,03 м до 0,04 м	0,999	1,060	1,106	1,137	1,160	1,183	1,211	2
від 0,05 до 0,06 м	0,999	1,093	1,161	1,211	1,250	1,286	1,327	3
від 0,07 до 0,14 м	0,997	1,096	1,200	1,299	1,384	1,446	1,476	4

4.2.8. Узагальнення методики визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.

Виконувати розрахунок приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки пропонується наступними способами:

1. з застосуванням формули

$$R_{пр} = R_{\delta_{ут}} \cdot k_{\lambda_{ут}} \cdot k_{\delta_{в}} \cdot k_{\lambda_{в}} \cdot k_{\delta_{в.н.}} \cdot k_{\lambda_{в.н.}} \cdot k_{l \delta}$$

де складові формули визначаються за таблицями: 4.2, 4.3, 4.4, 4.8, 4.12, 4.16, 4.20, 4.24.

2. з застосуванням формул:

$$R_{пр} = R_{\delta_{ут}} \cdot k_{\lambda_{ут}} \cdot k_{\delta_{в}} \cdot k_{\lambda_{в}} \cdot k_{\delta_{в.н.}} \cdot k_{\lambda_{в.н.}} \cdot k_{l \delta}$$

де $R_{\delta_{ут}}$ – приведений опір теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки, $\text{м}^2 \cdot \text{°K} / \text{Вт}$, що враховує товщину утеплювача, визначається за формулою:

$$R_{\delta_{ут}} = -14,044 \cdot \delta_{ут}^2 + 4,552 \cdot \delta_{ут} + 0,666$$

де $\delta_{ут}$ - товщина утеплювача, м;

$k_{\lambda_{ут}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності утеплювача, визначається за формулами:

для $\delta_{ут}$ від 0,01 до 0,03 м

$$k_{\lambda_{ут}}^1 = -134,72 \cdot \lambda_{ут}^3 + 40,047 \cdot \lambda_{ут}^2 - 5,1518 \cdot \lambda_{ут} + 1,2374$$

для $\delta_{ут}$ від 0,04 до 0,14 м

$$k_{\lambda_{ут}}^2 = 9,8283 \cdot \lambda_{ут}^2 - 3,5276 \cdot \lambda_{ут} + 1,2381$$

де $\lambda_{ут}$ - коефіцієнт теплопровідності утеплювача, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$;

$k_{\delta_{в}}$ - коефіцієнт, що враховує товщину внутрішнього цегляного шару, визначається за формулами:

для $\delta_{вн}$ від 0,01 до 0,05 м

$$k_{\delta_{вн}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{вн} + 0,7929$$

									Арк
									126
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

для $\delta_{ут}$ від 0,06 до 0,14м

$$k_{\delta_{вн}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{вн}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{вн} + 0,834$$

де $\delta_{вн}$ - коефіцієнт, що враховує товщину внутрішнього цегляного шару, м;

$k_{\lambda_{вн}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності внутрішнього цегляного шару, визначається за формулою:

$$k_{\lambda_{вн}} = 2,89 \cdot \lambda_{вн}^3 - 4,4367 \cdot \lambda_{вн}^2 + 1,1736 \cdot \lambda_{вн} + 1,4299$$

де $\lambda_{вн}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності внутрішнього цегляного шару, Вт/(м · К);

$k_{\delta_{зн.}}$ - коефіцієнт, що враховує товщину зовнішнього цегляного шару, визначається за формулами:

для $\delta_{ут}$ від 0,01 до 0,05м

$$k_{\delta_{зн}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{зн} + 0,7929$$

для $\delta_{ут}$ від 0,06 до 0,14м

$$k_{\delta_{зн}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{зн}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{зн} + 0,834$$

де $\delta_{зн}$ - коефіцієнт, що враховує товщину зовнішнього цегляного шару, м;

$k_{\lambda_{зн.}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності зовнішнього цегляного шару, визначається за формулою:

$$k_{\lambda_{зн}} = -1,7123 \cdot \lambda_{зн}^3 + 3,9571 \cdot \lambda_{зн}^2 - 3,3541 \cdot \lambda_{зн} + 2,0306$$

де $\lambda_{зн}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності зовнішнього цегляного шару, Вт/(м · К);

$k_{l_{д}}$ - коефіцієнт, що враховує відстань між діафрагмами жорсткості, визначається за формулами:

для $\delta_{ут}$ від 0,01 до 0,02м

$$k_{l_{д}}^1 = 0,1745 \cdot l_{д}^3 - 0,5579 \cdot l_{д}^2 + 0,653 \cdot l_{д} + 0,8201$$

										2мБП. 9976668. ПЗ	Арк
											127
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

для $\delta_{ут}$ від 0,03 до 0,04м

$$k_{лд}^2 = 0,4691 \cdot l_{д}^3 - 1,307 \cdot l_{д}^2 + 1,382 \cdot l_{д} + 0,6318$$

для $\delta_{ут}$ від 0,05 до 0,07м

$$k_{лд}^3 = 0,5765 \cdot l_{д}^3 - 1,6652 \cdot l_{д}^2 + 1,8786 \cdot l_{д} + 0,4858$$

для $\delta_{ут}$ від 0,08 до 0,14м

$$k_{лд}^4 = -0,6903 \cdot l_{д}^3 + 1,2056 \cdot l_{д}^2 + 0,0992 \cdot l_{д} + 0,8161$$

де $l_{д}$ - коефіцієнт, що враховує відстань між діафрагмами жорсткості, м.

3. з застосуванням формули:

$$R_{пр} = R_{ут} \cdot k_{\lambda_{ут}} \cdot k_{\delta_{в}} \cdot k_{\lambda_{в}} \cdot k_{\delta_{з.н.}} \cdot k_{\lambda_{з.н.}} \cdot k_{лд}$$

де складові формули визначаються за укрупненими таблицями: 4.7, 4.11, 4.15, 4.19, 4.23, 4.27.

4.2.9. Порівняльний аналіз визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки за методиками, що пропонуються.

Для того, щоб наочно побачити величину похибки між запропонованими нами методиками був проведений розрахунок двадцяти різних варіантів огорожуючих конструкцій. Розрахунок виконувався за допомогою температурного та даними методиками.

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.28

									Арк
									128
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2мБП. 9976668. ПЗ				

Таблиця 4.28

Параметри, що впливають на приведений опір								Приведений опір теплопередачі за методиками				Похибка					
												Методика					
У межах параметрів	dyт	lyт	двн	lvн	дзн	lvн	ld	За розрахунком температурного поля	1	2	3	За Фокіні м	Температурне поле	1	2	3	За Фокіні м
		0,01	0,03	0,12	0,7	0,12	0,52	0,39	0,9053	0,913173	0,9446320	0,970012	0,833336	1,00000	0,869707	4,34464	7,148128
	0,03	0,035	0,16	0,72	0,16	0,54	0,52	1,20598	1,21864	1,14983882	1,12886345	1,05528	1,00000	1,049769	-4,65523	-6,39451	-12,4960613
	0,04	0,038	0,18	0,73	0,18	0,56	0,65	1,46447	1,470544	1,44125717	1,3929013	1,262496	1,00000	0,414758	-1,58507	-4,887	13,7916106
	0,06	0,042	0,2	0,74	0,2	0,64	0,78	1,61762	1,62843	1,60184983	1,5833211	1,481499	1,00000	0,668266	-0,9749	-2,12033	8,41489349
	0,07	0,048	0,22	0,76	0,22	0,69	0,91	1,72954	1,740017	1,81010833	1,62930212	1,533938	1,00000	0,605768	4,658367	-5,79564	11,3094811
	0,08	0,05	0,25	0,77	0,25	0,72	1,04	1,78824	1,795432	1,84516541	1,70667542	1,567199	1,00000	0,402183	3,183321	-4,56117	12,3608129
	0,1	0,063	0,28	0,79	0,28	0,75	1,06	1,83766	1,848846	1,86238229	1,87265423	1,721022	1,00000	0,608709	1,345313	1,904282	6,34709359
	0,11	0,07	0,31	0,80	0,31	0,77	1,09	1,90024	1,918743	1,9211839	1,942210087	1,827355	1,00000	0,973719	1,102171	2,208673	3,83556814
	0,13	0,082	0,34	0,85	0,34	0,79	1,12	1,95332	1,976642	1,9672091	1,989442	2,028327	1,00000	1,193967	0,711051	1,849262	3,839975017
	0,14	0,09	0,38	0,9	0,38	0,81	1,17	2,09213	2,111032	2,13427159	2,1404465	2,031582	1,00000	0,903481	2,014291	2,309441	2,89408402
за межами параметрів	0,01	0,03	0,12	0,7	0,12	0,21	0,13	1,18934	1,201184	1,16714058	1,14873542	1,129526	1,00000	0,995846	-1,86653	-3,41404	5,02917585
	0,03	0,035	0,16	0,72	0,16	0,23	0,26	1,37984	1,394632	1,37070516	1,3302886	1,443555	1,00000	1,072008	-0,66202	-3,5911	4,617564355
	0,04	0,038	0,18	0,73	0,18	0,29	0,28	1,56894	1,5810084	1,5518862	1,55068832	1,534658	1,00000	0,769207	-1,08696	-1,16331	2,18504213
	0,06	0,042	0,2	0,74	0,2	0,31	0,31	1,85342	1,866008	1,85243879	1,7600478	1,711778	1,00000	0,679177	-0,05294	-5,03783	7,64219659
	0,07	0,048	0,22	0,76	0,22	0,33	0,37	2,02439	2,042443	2,01574034	1,89765212	1,827418	1,00000	0,891775	-0,42727	-6,26055	9,72994334
	0,08	0,05	0,25	0,77	0,25	0,41	1,3	2,56844	2,595652	2,56682877	2,4900762	2,45806	1,00000	1,059476	-0,06273	-3,05103	4,29755026
	0,1	0,063	0,28	0,79	0,28	0,49	1,47	2,48988	2,516453	2,53614747	2,4455421	2,392072	1,00000	1,06724	1,858221	-1,78072	3,92822144
	0,11	0,07	0,31	0,80	0,31	0,93	1,6	2,43982	2,461864	2,46682877	2,3799021	2,326601	1,00000	0,903509	1,106999	-2,45583	4,64046528
	0,13	0,082	0,34	0,85	0,34	0,95	1,73	2,38643	2,399865	2,37614747	2,34002189	2,281128	1,00000	0,562975	-0,43088	-1,94467	4,41253253
	0,14	0,09	0,38	0,9	0,38	0,97	1,86	2,34721	2,360171	2,3186532	2,297469	2,279804	1,00000	0,552187	-1,21663	-2,11915	2,87174986

Арк

2МБП. 9976668. ПЗ

129

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

4.3. Висновки по розділу 4.

1. Найбільш точним способом визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки є перша методика, недоліками якої є неточність визначення значень при інтерполяції та складність при екстраполяції значень. До того ж використання таблиць з таким значним обсягом значень у нормативній літературі недоцільна.

2. Методика 2 дає більш неточні дані у порівнянні з методикою 1, але позбавлена недоліків попередньої методики.

3. Найбільш неточним є метод 3 з застосуванням укрупнених показників, але він являється найбільш простим.

					2мБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		130

Загальні висновки

1. Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будівель від питомої ваги енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла складає близько 60 %.

2. У випадку неможливості розташування утеплювача з зовнішньої сторони, він розташовується з внутрішньої сторони або всередині цегляної (полегшеної) кладки.

3. При застосуванні полегшеної кладки вологістний режим утеплювача кращий ніж при його розташуванні з внутрішньої сторони.

4. Розташування утеплювача у «колодязі» біля внутрішньої його поверхні більш доцільно з точки зору приведенного опору теплопередач ніж біля зовнішньої.

4. Для зниження тепловтрат крізь огорожувальні конструкції будинків необхідно більш точно визначати їх опір теплопередачі особливо у місцях теплопровідних включень та на ділянках зі складною конфігурацією.

5. Існуюча методика визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки є доволі трудомісткою і дає значну похибку. Тому необхідно розробити інженерну методику розрахунку.

7. Із запропонованих методик найбільш точною є перша методика, недоліками якої є неточність визначення значень при інтерполяції та складність при екстраполяції значень. До того ж використання таблиць з таким значним обсягом значень у нормативній літературі недоцільна.

8. Методика 2 дає більш неточні дані у порівнянні з методикою 1, але позбавлена недоліків попередньої методики.

9. Найбільш неточним є метод 3 з застосуванням укрупнених показників, але він являється найбільш простим.

										2МБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							131

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Мінбуд України. – Київ, 2021. – 68 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. Мінрегіонбуд України. - 2013. – 62 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Мінрегіонбуд України. - 2011. – 123 с.
4. ISO/FDIS 10456:2007(E) Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values. 27 p.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1973. – 287 с.
6. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження: Підручник/ В.А. Маляренко. – Харків: «Видавництво САГА», 2006.-484 с.
7. Саницький М.А. Проблеми енергозбереження в сучасному житлово-цивільному будівництві/ М.А. Саницький, О.Р.Позняк, У.Д. Марущак/ Міжвідомчий науково-технічний збірник „Будівельні конструкції” – 2005 – Вип. 63 – С. 234 - 239.
8. Саницький М.А. Проблеми енергозбереження в будівництві / Саницький М.А., Позняк О.Р., Федунь Б.В., Сидорович Р.Я. // Будівельні матеріали та виробы. - 2008. – 315с.
9. Ратушняк О.Г. Управління змістом інноваційних проектів термомодернізації будівель: монографія/ О.Г. Ратушняк – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 128 с.
10. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.

										Арк
										132
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2МБП. 9976668. ПЗ

- 11.. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та облицюванням штукатурками. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-36:2008. – [Чинний з 27.11.2008].- К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 31 с. – (Державний стандарт України).
- 12.Зінченко С.А. Енергозбереження та використання альтернативних джерел енергії – застосування європейського досвіду в Україні: Освітній пакет для тематичного короткотермінового семінару./ Черніг. центр перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників органів держ. влади, органів місц. самоврядування держ. п-в. установ і орг.// С.А. Зінченко, Н.П. Коваленко. – Чернігів: ЦППК, 2009 – 88с.
- 13.Статистичний бюлетень про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України за 2010 рік. – Державний комітет статистики України. – Київ, 2011.
- 14.Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження/ За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т2. - 600 с.
- 15.Ратушняк Г.С. Будівельна теплофізика/ Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2003. - 117 с.
- 16.ISO 6781 "Thermal insulation, qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes, Infrared Method" 27 p.
- 17.ISO 13786 (1999) "Thermal performance of building components. Dynamic thermal characteristics. Calculation method" 22 p.
- 18.ISO 13788 (2001) "Hydrothermal performance of building components and building elements. Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation. Calculation methods.
- 19.ISO 10077-1 (2000) "Thermal performance of windows, doors and shutters. Calculation of thermal transmittance. Part 1: Simplified method. 10 p.
- 20.C1060-90 (2003) "Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings".

						2МБП. 9976668. ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			133

современных зданий // АВОК, № 1/2009.

35. H.M. Kilnzel, H. Kunzel, K. Sedelbauer «Hygrothermische Beanspruchung und Lebensdauer von Warmedamm-Verbundsystemen», Bauphysik, 2006, Bd. 28, H. 3) // АВОК, № 6-7/2007.
36. ISO 13788:2012 Hygrothermal performance of building components and building elements -- Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation -- Calculation methods. 40 p.
37. EN (ISO) 10456 «Building materials and products -Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values».
38. EN (ISO) 13788 «Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical humidity and interstitial condensation — Calculation methods».
39. Утепление стен дома снаружи и изнутри.
40. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Проектування. Розділ "Енергоефективність" у складі проектної документації об'єктів
41. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
42. ДБН В.2.6.-14-95. Конструкції будинків і споруд. Покриття будинків і споруд.-К.:1998.
43. Програма реконструкції житлових будинків перших масових серій. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 14 травня 1999 р. N 820».
44. Рекомендації з вибору прогресивних архітектурно-технічних рішень для реконструкції житлових будинків різних конструктивних систем. – Київ, Нора-прінт, 2001 – 262с.
45. ДБН В.2.2-15-2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

										Арк
										135
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	2МБП. 9976668. ПЗ					

Тема магістерської роботи: Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки

Мета дослідження: розробка методики, яка дозволяла б визначити величину приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки

Об'єкт дослідження: зовнішні цегляні стіни полегшеної кладки

Предмет дослідження: приведений опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки

Задачі дослідження:

- класифікувати типи зовнішніх цегляних стін полегшеної кладки
- проаналізувати методи розрахунку приведенного опору теплопередачі за різними методиками, враховуючи існуючу нормативну базу та дослідження попередніх науковців
- провести порівняльний аналіз методик розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки.
- виявити оптимальну методику розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки

Галузь використання: будівництво, комунально-житлове господарство

						2МБП.9976668.МР		
						Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата			
Виконав	Криченко							
Керівник	Абраменко							
						Титульний лист		
						Стадія	Аркуш	Аркушів
						МР	1	15
						Тема магістерської роботи, мета дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження, задачі дослідження, галузь використання		
Н. контр.	Семко О.В.	НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"						
Затвердив	Семко О.В.							

В Україні споживання енергетичних ресурсів розподіляється: на промисловість 28%, транспорт 32%, житловий фонд 40%. При цьому споживання енергії зростає щороку внаслідок, як розвитку промисловості та транспорту, так і щораз більшої кількості будинків. Таким чином, житлово-комунальний сектор – це найбільший споживач енергії.

Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будівель привели до того, що питома вага енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла складає 60–80%. На опалення житлового фонду щорічно витрачається понад 70 млн. т. у. п., тобто на одного мешканця припадає 1,4 т. у. п., що вдвічі більше, ніж у країнах ЄС. Найбільше на ці потреби витрачається природного газу, понад 14 млрд.м³, майже 75% якого імпортується за різко зростаючими цінами.

Україна лише на 43% може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів.

Досягти зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів, які витрачаються на експлуатацію житлових будинків, можливо лише при комплексному підході до енергозбереження за рахунок теплової санації та модернізації, удосконалення архітектурно-планувальних, конструктивних рішень і інженерного обладнання будівель з урахуванням кліматичних, техніко-економічних, соціальних і екологічних особливостей. Реалізація програми енергозбереження позитивно вплине на стан екології населених пунктів, значно зменшить енергозалежність країни від зовнішніх чинників, покращить економічні умови розвитку країни.

Ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі є надзвичайно важливим завданням на шляху до забезпечення соціально-економічного розвитку та енергетичної незалежності України в цілому.

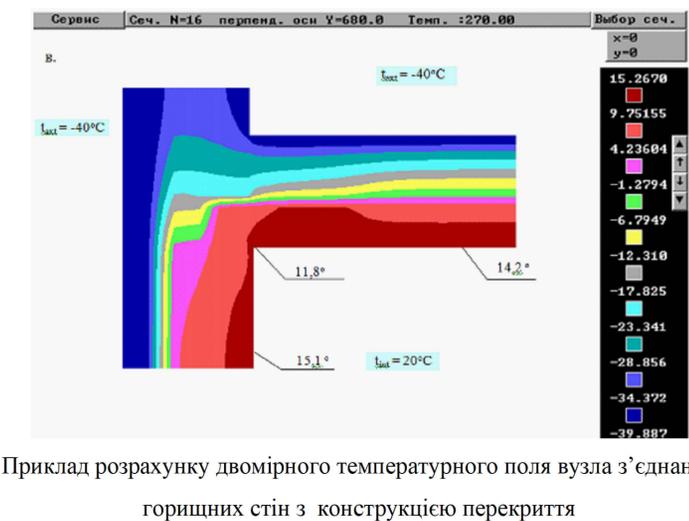
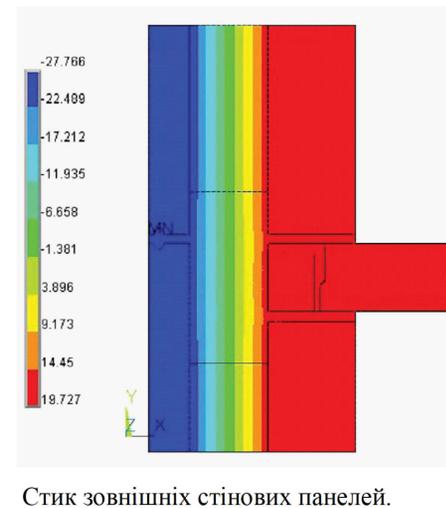
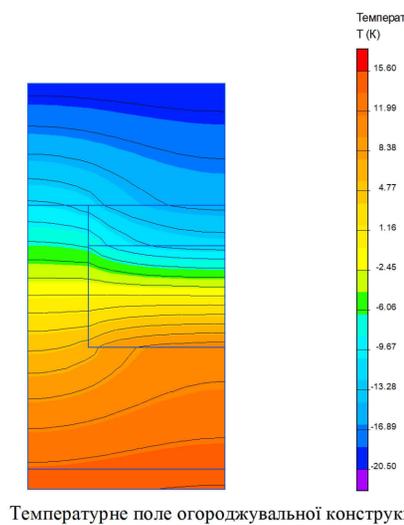
Для виконання досліджень з енергозбереження та мінімізації тепловтрат крізь зовнішні огорожувальні конструкції, особливо у місцях теплопровідних включень та ділянок зі складною конфігурацією стін застосовують різноманітні методи розрахунку.

Розрахунок температурного поля є найбільш точним методом оцінки теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій з теплопровідними включеннями. Цей розрахунок дозволяє визначити:

- приведений опір теплопередачі;
- середній тепловий потік, що проходить крізь огороження;
- середню температуру поверхні;
- мінімальну температуру поверхні;
- локальні значення температур.

Дослідженнями температурних полів зовнішніх огорожувальних конструкцій займалися багато дослідників. Так дослідження температурних полів зовнішніх стін будівель найбільш повно представлені у роботах науково-дослідного інституту будівельної фізики, а також у роботах Хуторного А.Я. Кузіна Н.А. Цветкова Т.А. Мирошніченко А.В.

Приклад розрахунку огорожуючих конструкцій та їх вузлів наведено нижче:



Висновок:

1. Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будівель від питомої ваги енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла складає близько 60 %.
2. Для зниження енергетичних витрат на опалення будинків необхідно більш точно визначити опір теплопередачі огорожувальних конструкцій особливо у місцях наявності теплопровідних включень та на ділянках зі складною конфігурацією.
3. Теплозахисним якість ділянок зовнішніх стін складної конфігурації, у попередніх дослідженнях не приділялося достатньої уваги.
4. Найбільш точним методом визначення теплозахисних властивостей ділянок зовнішніх стін зі складною конфігурацією є розрахунок температурного поля.

						2МБП.9976668.МР		
						Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Проблеми енергозбереження при експлуатації житлового фонду		
Виконав	Кривенко					Стадія	Аркуші	Аркушів
Керівник	Авраменко					МР	2	15
						Основні проблеми енергозбереження при експлуатації житлового фонду, висновок		
Н. контр.	Семко О.В.					НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Затвердив	Семко О.В.							

Дослідження вологісного стану цегляних стін полегшеної кладки

Дослідження вологісного стану виконувалось за наступною методикою:

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій будинків, що опалюються, обов'язкове виконання умови:

$$\Delta w \leq \Delta w_{\text{д}}$$

де Δw збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції, в якому може відбуватися конденсація води, за холодний період року, відсоток за масою;

$\Delta w_{\text{д}}$ - допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу, в шарі якого може відбуватися конденсація води, відсоток за масою, що встановлюється залежно від виду матеріалу.

Зона конденсації визначається за характером розподілу парціального

тиску водяної пари, $e(x)$, і насиченої водяної пари $E(x)$

у товщі шарів огорожувальної конструкції. Парціальний

тиск водяної пари в товщі шару матеріалу в перерізі x , Па,

визначається за формулою:

$$e(x) = e_{\text{в}} \frac{e_{\text{в}} - e_{\text{с}}}{R_{\Sigma}} R_x$$

де $e_{\text{в}}$ - парціальний тиск водяної пари внутрішнього повітря,

Па, що визначається за розрахунковим значенням відносної

вологості, $\phi_{\text{в0}}$, залежно від призначення будинку згідно зі

значенням парціального тиску насиченої водяної пари, $E_{\text{в}}$,

що залежить від температури, визначається за формулою:

$$e_{\text{в}} = 0,01 \phi_{\text{в0}} E_{\text{в}}$$

де $e_{\text{с}}$ - парціальний тиск водяної пари зовнішнього повітря,

що визначається за СНиП 2.01.01 для періоду найбільш

холодного місяця року, Па;

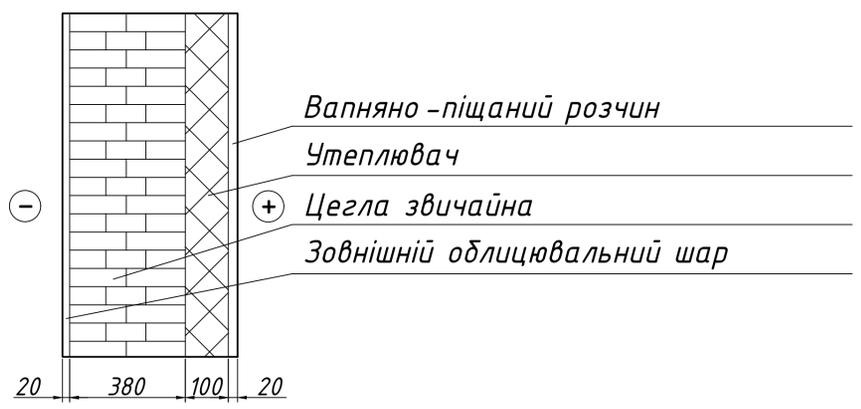
R_{Σ} - опір паропроникненню огорожувальної

конструкції, м²год Па/мг;

$R_{\Sigma, x}$ - опір паропроникненню огорожувальної конструкції

на відстані x від внутрішньої поверхні, м² год Па/мг.

Динаміка вологонакопичення в мінеральній ваті та пінополістеролі протягом року в огорожувальній конструкції



Огорожувача конструкція, що була принята для дослідження

Розрахунок вологісного режиму багат шарових огорожувачих конструкцій протягом року з внутрішнім розташуванням

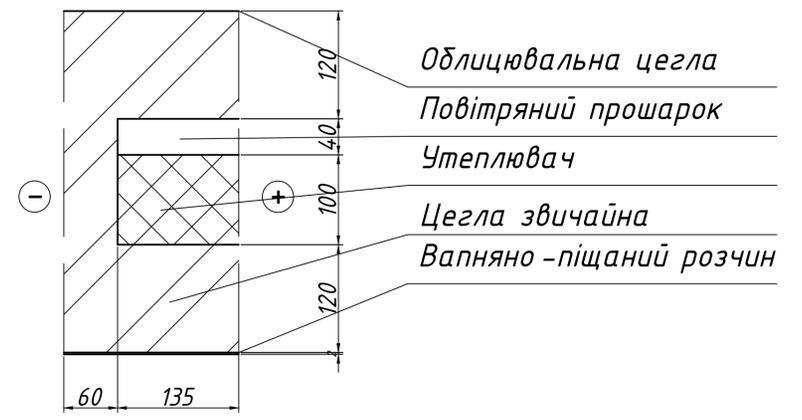
утеплювача

Схема	Матеріал утеплювача	Кількість води, що конденсується в утеплювачі, кг/м ²												Баланс вологості за рік
		Місяць року												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Мінвата	1,106	1,047	0,695	-0,178	-1,084	-1,639	-1,981	-1,832	-0,891	-0,008	0,623	0,961	-3,181
	Пінополістерол	0,168	0,155	0,083	-0,109	-0,304	-0,406	-0,471	-0,447	-0,247	-0,059	0,075	0,141	-1,421
2	Мінвата	0,049	0,029	-0,054	-0,32	-0,601	-0,697	-0,768	-0,761	-0,466	-0,203	-0,034	0,025	-3,801
	Пінополістерол	-0,002	-0,02	-0,09	-0,323	-0,556	-0,64	-0,696	-0,695	-0,439	-0,212	-0,067	-0,02	-3,76

Висновок:

- Для зниження енергетичних витрат на опалення будинків та зменшення вологонакопичення огорожувачих конструкцій необхідно більш точно визначити опір вологонакопиченню огорожувачих конструкцій особливо у місцях наявності теплопровідних включень та на ділянках зі складною конфігурацією.
- Беручи до уваги різні місця розміщення утеплювача та розрахувавши ці конструкції за допомогою програмного комплексу «Excel», можна зробити висновок, що утеплювач треба розташовувати всередині цегляної кладки.

Динаміка вологонакопичення в мінеральній ваті та пінополістеролі протягом року в огорожувальній конструкції



Огорожувача конструкція, що була принята для дослідження

Розрахунок вологісного режиму багат шарових огорожувачих конструкцій протягом року з розташуванням утеплювача

всередині цегляної кладки

Схема	Матеріал утеплювача	Кількість води, що конденсується в утеплювачі, кг/м ²												Баланс вологості за рік
		Місяць року												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Мінвата	2,076	1,642	1,435	-0,354	-1,471	-1,798	-2,169	-1,983	-1,263	-0,788	0,634	1,285	-2,871
	Пінополістерол	0,339	0,098	0,061	-0,122	-0,365	-0,501	-0,589	-0,278	-0,267	-0,034	0,098	0,181	-1,219
2	Мінвата	0,032	0,020	-0,084	-0,412	-0,713	-0,782	-0,865	-0,802	-0,543	-0,382	-0,106	0,028	-2,801
	Пінополістерол	-0,102	-0,021	-0,019	-0,423	-0,656	-0,682	-0,686	-0,699	-0,539	-0,181	-0,052	-0,012	-2,082

						2МБП.9976668.МР								
						Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки								
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Дослідження вологісного стану цегляних стін полегшеної кладки						Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав	Кривенко											МР	3	15
Керівник	Абраменко					Динаміка вологонакопичення в мінеральній ваті та пінополістеролі протягом року з різним розташуванням утеплювача, методика розрахунку та розрахунок вологісного стану огорожувальної конструкції						НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Н. контр.	Семко О.В.													
Затвердив	Семко О.В.													

Критичний аналіз методик розрахунку приведенного опору теплопередачі за різними методиками

Вибір розташування утеплювача в огорожувачій конструкції

Місце розташування утеплювача в цегляних стінах полегшеної кладки впливає на приведений опір теплопередачі огорожувачої конструкції. Для визначення найкращого варіанту розташування утеплювача виконуємо порівняльний аналіз приведенного опору теплопередачі за допомогою температурного поля.

Приймаємо розташування утеплювача ближче до внутрішнього конструктивного шару та до зовнішнього. Розрахункові схеми огорожувальної конструкції наведено на рисунку 1

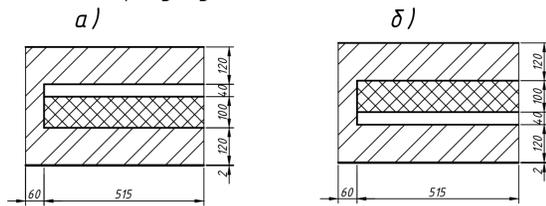


Рисунок 3.2 Розрахункові схеми огорожувачої конструкції: а) утеплювач розташований ближче до внутрішнього конструктивного шару, б) утеплювач розташований ближче до зовнішнього конструктивного шару.

Для визначення приведенного опору використовувались десять розрахункових схем з одним розміщенням утеплювача та десять розрахункових схем з іншим розташуванням.

Результати розрахунку наведені в таблиці нижче:

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі (утеплювач з внутр сторони), м²·K/Вт	Приведений опір теплопередачі (утеплювач з зовн сторони), м²·K/Вт	Розбіжність, %
0.01	0.749748	0.700569	-6.5594039
0.02	0.834947	0.78019	-6.55814081
0.03	0.92773	0.853025	-8.05245060
0.04	1.003062	0.935553	-6.73029184
0.05	1.073085	1.040486	-3.21825716
0.06	1.144867	1.114662	-2.63829772
0.07	1.212076	1.189529	-1.86019688
0.08	1.27716	1.220992	-4.39788280
0.09	1.341084	1.248758	-6.88443080
0.1	1.377165	1.316291	-4.42024013
0.11	1.432486	1.346304	-6.01625426
0.12	1.485041	1.407016	-5.25406369
0.13	1.53299	1.518104	-0.97104351
0.14	1.51489	1.51489	0
Середня величина розбіжності			-4,5
Максимальна величина розбіжності			8,1

Варіант розташування утеплювача ближче до внутрішнього конструктивного шару має більший приведений опір теплопередачі, тому ми вибираємо саме такий варіант розташування. Як видно з таблиці 3.5 максимальна розбіжність між приведеним опором за розташуванням утеплювачем складає 8,1%, тому врахування розташування утеплювача має сенс.

Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі за температурним полем

Розрахунок температурного поля виконується за допомогою різноманітних прикладних програм таких як ELCUT, Tempг3.

ELCUT дозволяє вирішувати задачі теплопередачі (стаціонарні та нестаціонарні) в лінійній та нелінійній постановках. При вирішенні теплових задач використовується рівняння теплопровідності в одному з видів:

для лінійних завдань:

- у плоскому випадку
$$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$
- у осісметричному випадку
$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(\lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z}) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

для нелінійних задач:

- у плоскому випадку
$$\frac{\partial}{\partial x}(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y}) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$
- у осісметричному випадку
$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(\lambda(T)r \frac{\partial T}{\partial r}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z}) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial t}$$

де T - температура, ;

t - час, год.;

$\lambda_{x,y,z,r}$ - компоненти тензора теплопровідності (у лінійній постановці), ;

$\lambda(T)$ - теплопровідність, як функція температури, представлена кубічним сплайном (анізотропія не підтримується у нелінійній постановці), ;

q - питома потужність тепловиділення, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

$c(T)$ - питома теплоємність, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

ρ - щільність.

За розрахунком температурного поля приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції склав

$$R_{пр} = 0,93275 \text{ м}^2 \text{ K} / \text{Вт}$$

Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі за ДБН В.2.6-31 2021. Теплова ізоляція та енергоефективність

Опір теплопередачі термічно-однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i,p}} + \frac{1}{\alpha_z}$$

де α_n, α_z - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·K);

R_i - термічний опір i -го шару конструкції, м·K/Вт;

$\lambda_{i,p}$ - теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації Вт/(м·K);

Приведений опір теплопередачі термічно-неоднорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma,пр} = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{j=1}^j \frac{R_j F_j}{F_{\Sigma}} + \frac{1}{\alpha_z}$$

де R_j - термічний опір термічно однорідної зони, що визначається експериментально або на підставі результатів розрахунків двовимірного (тривимірного) температурного поля і розраховується за формулою:

$$R_j = \frac{\bar{t}_w - \bar{t}_z}{q_j}$$

де - середні температури внутрішньої і зовнішньої поверхні термічно однорідної зони, C, відповідно;

q_j - густина теплового потоку через термічно однорідну зону, Вт/м²;

F_j - площа j -ї термічно однорідної зони, м²;

F_{Σ} - площа огорожувальної конструкції, м².

Розрахунок виконувався за допомогою програмного комплексу Excel за методикою ДБН В.2.6-31 2021. Теплова ізоляція та енергоефективність.

Розрахунок дав значення приведенного опору теплопередачі 0,5439812.

Методика розрахунку приведенного опору теплопередачі за попередніми нормами (історична довідка)

Приведений термічний опір $R_{прк}$, (м²·C/Вт), неоднорідної огорожувальної конструкції (багат шарової кам'яної стіни полегшеної кладки з теплоізоляційним шаром тощо) визначається наступним чином:

а) площинами, паралельними напрямку теплового потоку, захисна конструкція (або частина її) умовно розрізається на ділянки, з яких одні ділянки можуть бути однорідними (одношаровими) - з одного матеріалу, а інші неоднорідними - з шарів різних матеріалів, і термічний опір огорожувальної конструкції R_a , (м²·C/Вт), визначається за формулою:

$$R_a = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}$$

де F_1, F_2, \dots, F_n - площі окремих ділянок конструкції (або частини її), м²;

R_1, R_2, \dots, R_n - термічні опори зазначених окремих ділянок конструкції,

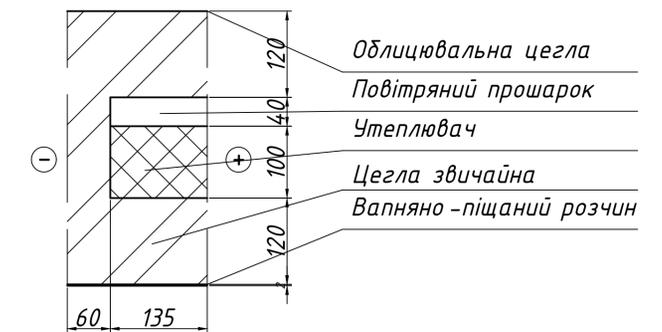
б) площинами, перпендикулярними напрямку теплового потоку, захисна конструкція (або частина її, прийнята для визначення R_a) умовно розрізається на шари, з яких одні шари можуть бути однорідними - з одного матеріалу, а інші неоднорідними - з одношарових ділянок різних матеріалів.

Приведений термічний опір огорожувальної конструкції слід визначати за формулою:

$$R_{прк} = \frac{R_a + 2R}{3}$$

Розрахунок дав значення приведенного опору теплопередачі $R_{пр} = 0,6966292 \text{ м}^2 \text{ K} / \text{Вт}$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за наведеними методиками виконувався за даною розрахунковою схемою



Похибка розрахунків за наведеними методиками

Похибка		
Температурне поле [1]	Методика за [2]	Методика за [3]
0%	25,27%	38,67%

Висновок:

- Розбіжність між приведеними опорами в залежності від розташування утеплювача максимально становить 8,1%, а середнє 4,5%.
- Розташування утеплювача ближче до внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції є більш доцільно з точки зору приведенного опору теплопередачі.
- Приведений опір теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки виконаної за методиками 1, 2 та 3 дають значну похибку у порівнянні з розрахунком за температурним полем.
- Для зменшення величини похибки необхідно розробити інженерну методику розрахунку.

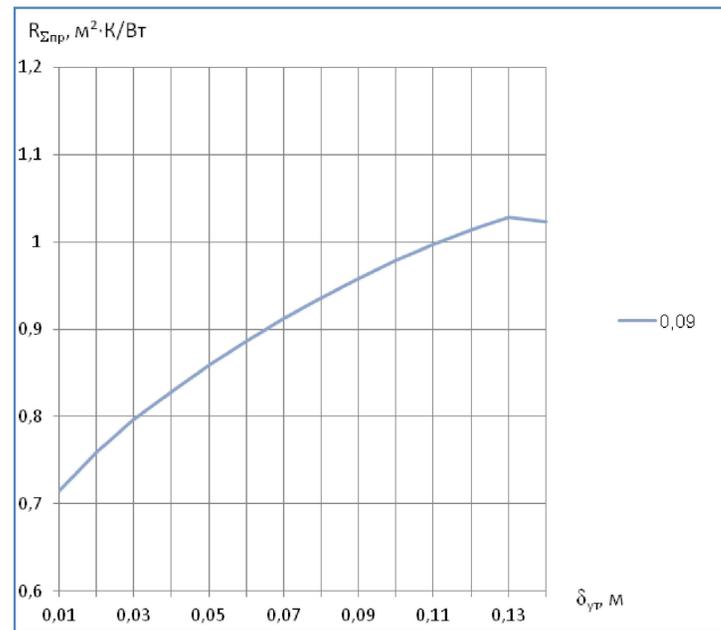
2МБП.9976668.МР					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Виконав	Криченко				
Керівник	Абраменко				
Вибір розташування утеплювача за розрахунком історичної методики та розрахунок приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки					Стадія МР
Н. контр. Затвердив					Аркуш 4
Семко О.В.					Аркушів 15
НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"					

Залежність приведенного опору, $R_{пр}$, теплопередачі від товщини утеплювача, $\delta_{ут}$

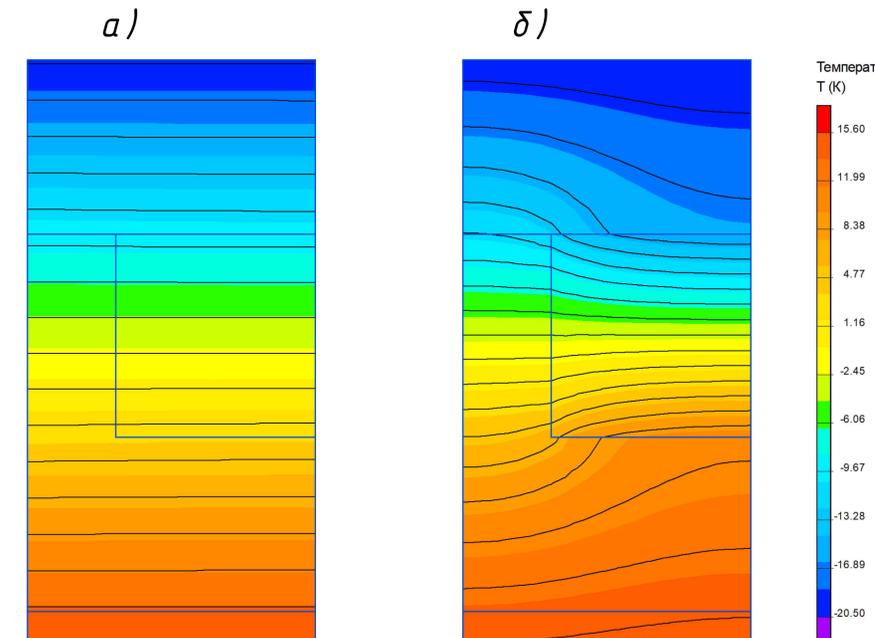
Розрахунки приведенного опору теплопередачі за температурним полем та за лініями тренда та похибка між розрахунками

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля, $m^2 \cdot K / Wt$	Приведений опір теплопередачі за розрахунком по формулі тренда, $m^2 \cdot K / Wt$	Розбіжність, %	Абсолютна величина розбіжності, %
0	0,654729	0,666	1,721475603	1,721475603
0,01	0,714847	0,7101156	-0,661875898	0,661875898
0,02	0,759318	0,7514224	-1,039827846	1,039827846
0,03	0,796073	0,7899204	-0,77286882	0,77286882
0,04	0,828063	0,8256096	-0,296281805	0,296281805
0,05	0,858572	0,85849	-0,009550742	0,009550742
0,06	0,886349	0,8885616	0,249630789	0,249630789
0,07	0,912149	0,9158244	0,402938555	0,402938555
0,08	0,936016	0,9402784	0,455376831	0,455376831
0,09	0,958394	0,9619236	0,368282773	0,368282773
0,1	0,97874	0,98076	0,206387805	0,206387805
0,11	0,997667	0,9967876	-0,088145644	0,088145644
0,12	1,014449	1,0100064	-0,437932316	0,437932316
0,13	1,028255	1,0204164	-0,762320631	0,762320631
0,14	1,02258	1,0280176	0,531753017	0,531753017
Середня величина розбіжності				0,5
Максимальна величина розбіжності				1,7

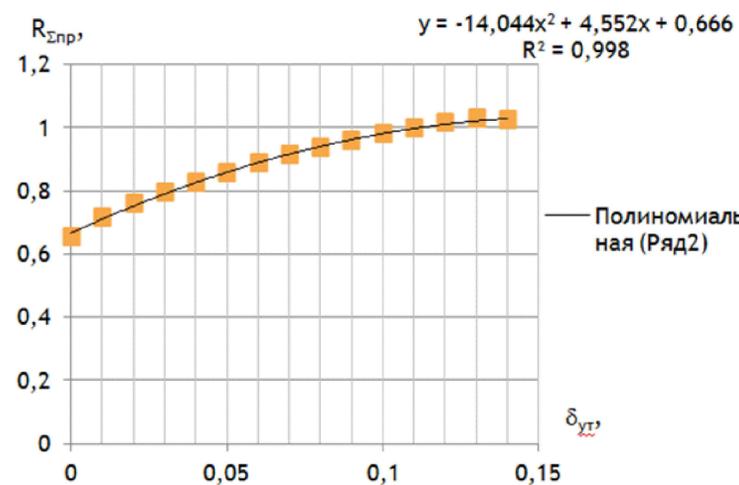
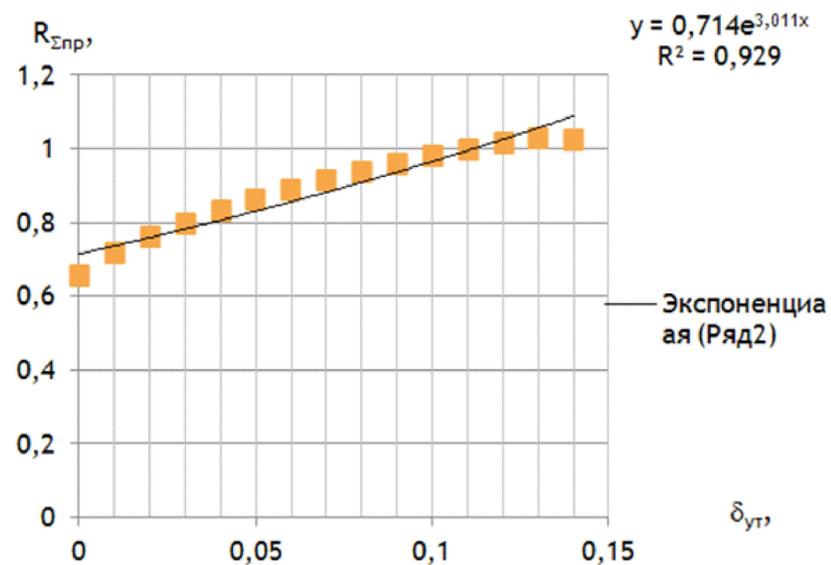
Графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини утеплювача



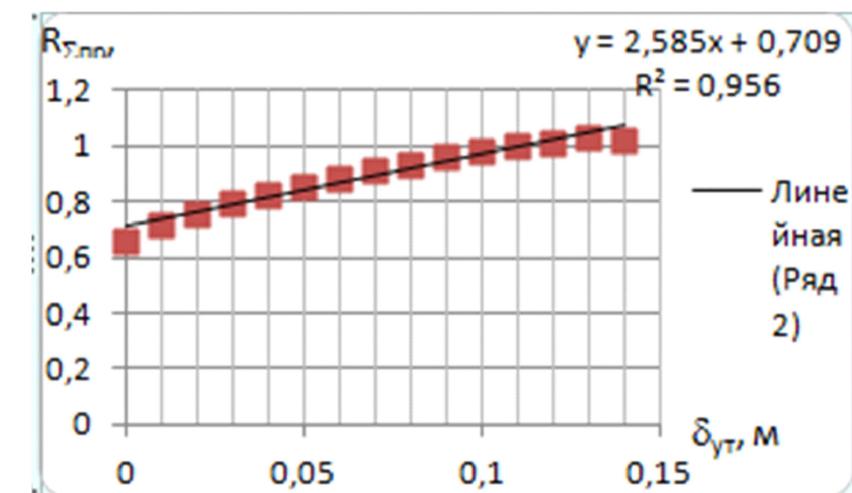
Розрахунок огорожуючої конструкції за допомогою температурного поля



Температурне поле цегляної стіни полегшеної кладки: а) без утеплювача, б) з утеплювачем, товщиною 0,14 м.



Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,14 м)

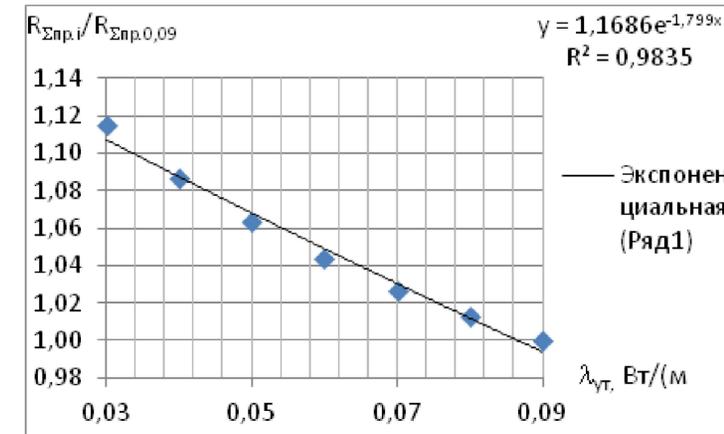
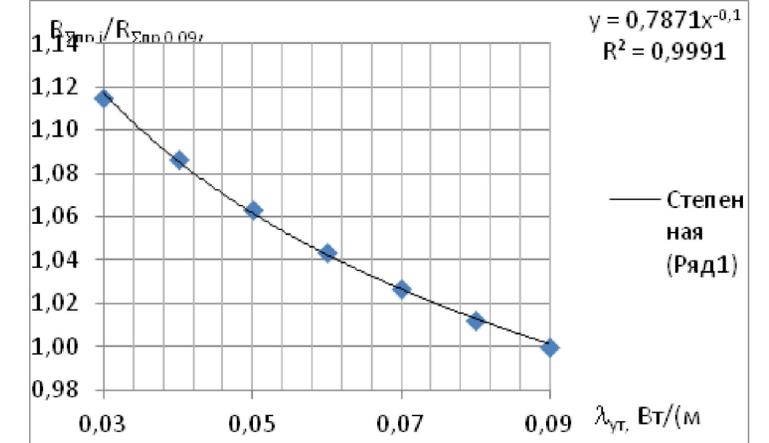
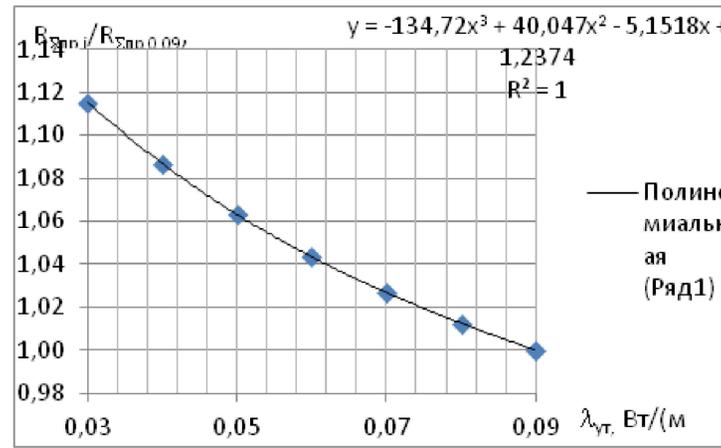
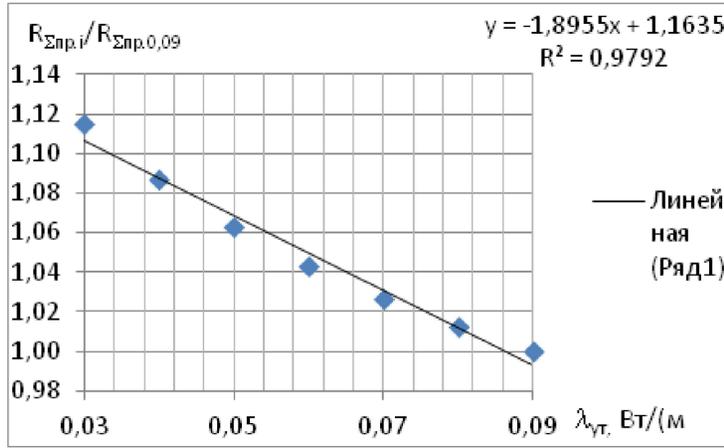


$$R_{\delta_{ут}} = -14,044 \cdot \delta_{ут}^2 + 4,552 \cdot \delta_{ут} + 0,666$$

2МБП.9976668.МР					
Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Виконав	Криченко				
Карвіник	Абраменко				
Залежність приведенного опору теплопередачі від товщини утеплювача				Стадія	Аркуші
				МР	5
				15	
Розрахунки приведенного опору теплопередачі за допомогою ліній тренда та за температурним полем					
Графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини утеплювача					
Н. контр. Затвердив				Семко О.В.	
НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"					

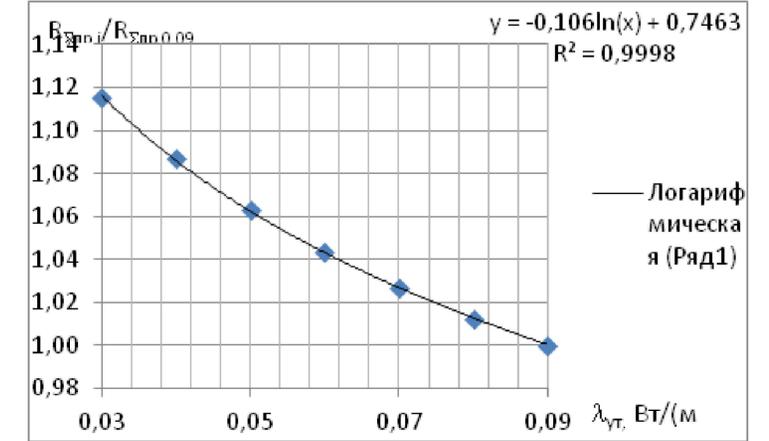
Коефіцієнт, $k_{\lambda_{ут}}$, що враховує вплив коефіцієнта теплопровідності утеплювача $\lambda_{ут}$ на величину приведенного опору теплопередачі $R_{пр}$ (за лініями тренда)

Графіки залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності утеплювача



Укрупнені значення приведенного опору теплопередачі

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\lambda_{ут}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності утеплювача						
	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
від 0 м до 0,03 м	1,1153	1,0868	1,0631	1,0434	1,0268	1,0126	0,9999
від 0 м до 0,04 м	1,1411	1,1127	1,0863	1,0618	1,0393	1,0188	1,0002



Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,03 м)

$$k_{\lambda_{ут}}^1 = -134,72 \cdot \lambda_{ут}^3 + 40,047 \cdot \lambda_{ут}^2 - 5,1518 \cdot \lambda_{ут} + 1,2374$$

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0,4 м до 0,14 м)

$$k_{\lambda_{ут}}^2 = 9,8283 \cdot \lambda_{ут}^2 - 3,5276 \cdot \lambda_{ут} + 1,2381$$

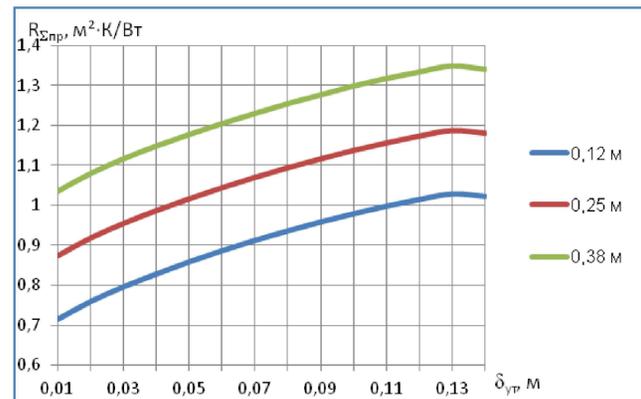
						2МБП.9976668.МР		
						Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата			
Виконав	Крибенко					Коефіцієнт, що враховує вплив коефіцієнта теплопровідності утеплювача на приведенний опір теплопередачі		
Керівник	Абраменко					Стаття	Аркуш	Аркушів
						МР	7	15
						Розрахунок приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки за лінією тренда		
Н. контр.	Семко О.В.					НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Затвердив	Семко О.В.							

Коефіцієнт, $k_{\delta_{вн}}$, що враховує вплив товщини внутрішнього цегляного шару $\delta_{вн}$ на величину приведенного опору теплопередачі $R_{пр}$ (за лініями тренда)

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару $\delta_{вн}$, м		
	Товщина внутрішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,714847	0,875252	1,035699
0,02	0,759318	0,919677	1,08009
0,03	0,796073	0,956128	1,116641
0,04	0,828063	0,988211	1,148539
0,05	0,858572	1,017657	1,177147
0,06	0,886349	1,04543	1,204164
0,07	0,912149	1,070979	1,229545
0,08	0,936016	1,095213	1,253847
0,09	0,958394	1,117372	1,2758
0,1	0,97874	1,138306	1,297796
0,11	0,997667	1,156992	1,316509
0,12	1,014449	1,174126	1,332682
0,13	1,028255	1,188127	1,347948
0,14	1,02258	1,181443	1,339176

Графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини внутрішнього цегляного шару



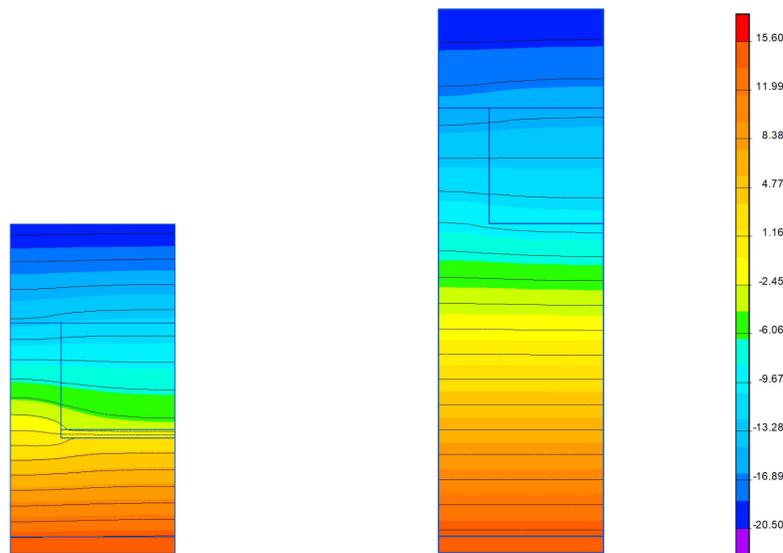
Відносне збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару $\delta_{вн}$, м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	1,0000	1,2244	1,4488
0,02	1,0000	1,2112	1,4224
0,03	1,0000	1,2011	1,4027
0,04	1,0000	1,1934	1,3870
0,05	1,0000	1,1853	1,3711
0,06	1,0000	1,1795	1,3586
0,07	1,0000	1,1741	1,3480
0,08	1,0000	1,1701	1,3396
0,09	1,0000	1,1659	1,3312
0,1	1,0000	1,1630	1,3260
0,11	1,0000	1,1597	1,3196
0,12	1,0000	1,1574	1,3137
0,13	1,0000	1,1555	1,3109
0,14	1,0000	1,1554	1,3096

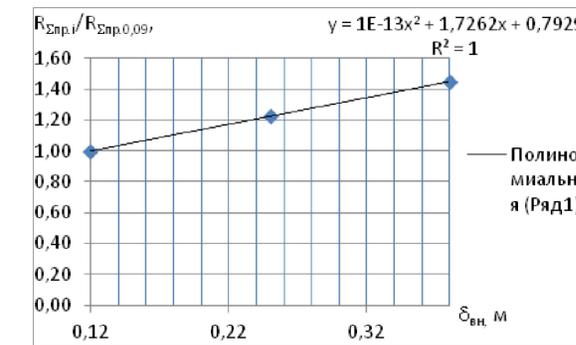
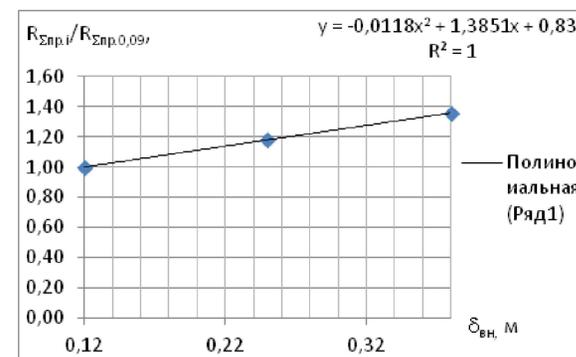
Похибка між розрахунком за температурним полем та за лініями тренда

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %		
	Товщина внутрішнього цегляного шару		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,0044	0,0048	0,0011
0,02	0,0044	1,0949	1,8566
0,03	0,0044	1,9478	3,2915
0,04	0,0042	-1,1617	-2,0465
0,05	0,0042	-0,4853	-0,9057
0,06	0,0042	0,0050	0,0050
0,07	0,0042	0,4608	0,7915
0,08	0,0042	0,8083	1,4241
0,09	0,0042	1,1715	2,0620
0,1	0,0042	1,4192	2,4621
0,11	0,0042	1,7108	2,9590
0,12	0,0042	1,9125	3,4204
0,13	0,0042	2,0821	3,6407
0,14	0,0042	2,0931	3,7438
Середня за абсолютною величиною розбіжність			1,1%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність			3,7%

Розрахунок огорожуючої конструкції за допомогою температурного поля



Графіки залежності приведенного опору теплопередачі від товщини внутрішнього цегляного шару



Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,03 м)

$$k_{\delta_{вн}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{вн} + 0,7929$$

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0,4 м до 0,14 м)

$$k_{\delta_{вн}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{вн}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{вн} + 0,834$$

Укрупнені значення приведенного опору теплопередачі

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\delta_{вн}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини внутрішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
від 0 м до 0,03 м	1,0000	1,2245	1,4489
від 0 м до 0,04 м	1,0000	1,1795	1,3586

						2МБП.9976668.МР		
						Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата			
Виконав	Криченко					Стаття	Аркуш	Аркушів
Керівник	Абраменко					МР	8	15
						Формула для визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки, розрахунок за температурним полем		
Н. контр.	Семко О.В.					НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Затвердив	Семко О.В.							

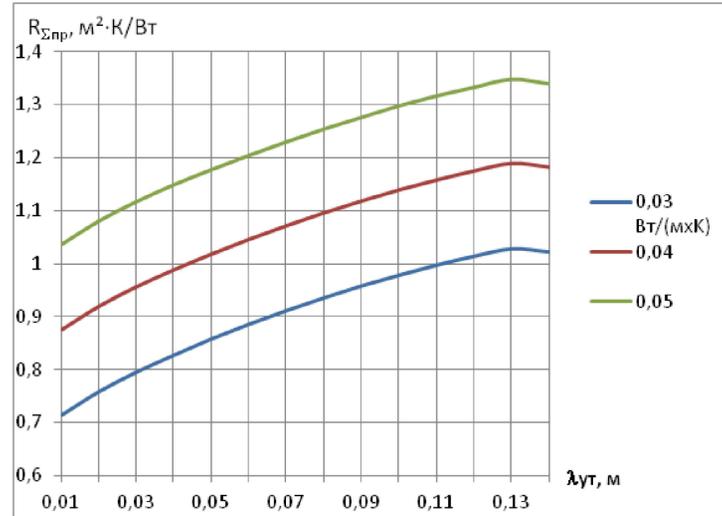
Коефіцієнт, $k_{\lambda_{вн}}$ що враховує вплив коефіцієнта теплопровідності внутрішнього $\lambda_{вн}$

цегляного шару на величину приведенного опору теплопередачі $R_{пр}$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару $l_{ут}$, $m^2 \cdot K/Wt$				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,01	0,714847	0,717729	0,750481	0,791993	0,84716
0,02	0,759318	0,762641	0,799492	0,845961	0,907007
0,03	0,796073	0,799727	0,840629	0,891963	0,959039
0,04	0,828063	0,832106	0,876845	0,932897	1,005945
0,05	0,858572	0,862895	0,88598	0,942951	1,017126
0,06	0,886349	0,891021	0,911326	0,972003	1,050943
0,07	0,912149	0,916959	0,942886	1,007888	1,092437
0,08	0,936016	0,94126	0,972049	1,041163	1,13109
0,09	0,958394	0,963824	0,999329	1,072228	1,167332
0,1	0,97874	0,984375	1,024659	1,101221	1,201038
0,11	0,997667	1,00364	1,04773	1,127571	1,23182
0,12	1,014449	1,020535	1,069205	1,15198	1,260233
0,13	1,028255	1,03447	1,082603	1,167182	1,27791
0,14	1,02258	1,028752	1,097429	1,184313	1,298228

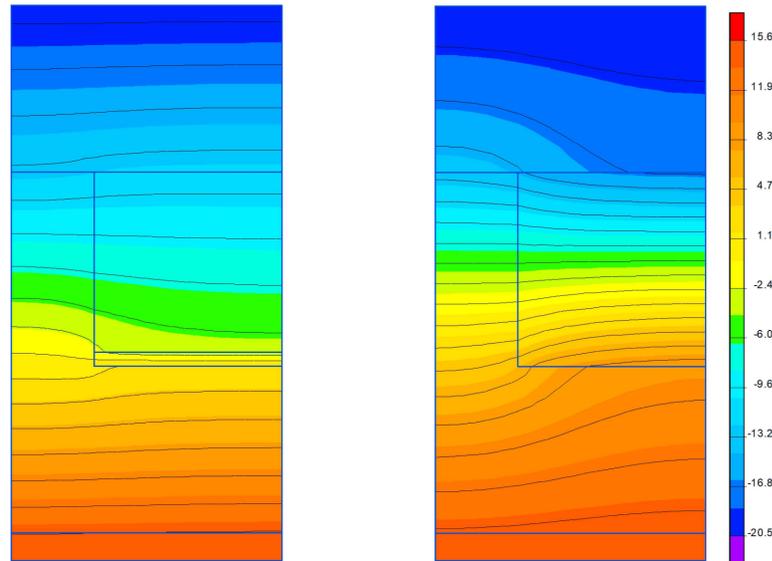
Графік залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару



Відносне збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару $l_{ут}$, $m^2 \cdot K/Wt$				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,01	1,00000	1,00403	1,04985	1,10792	1,18509
0,02	1,00000	1,00438	1,05291	1,11411	1,19450
0,03	1,00000	1,00459	1,05597	1,12045	1,20471
0,04	1,00000	1,00488	1,05891	1,12660	1,21482
0,05	1,00000	1,00504	1,03192	1,09828	1,18467
0,06	1,00000	1,00527	1,02818	1,09664	1,18570
0,07	1,00000	1,00527	1,03370	1,10496	1,19765
0,08	1,00000	1,00560	1,03850	1,11233	1,20841
0,09	1,00000	1,00567	1,04271	1,11878	1,21801
0,1	1,00000	1,00576	1,04692	1,12514	1,22713
0,11	1,00000	1,00599	1,05018	1,13021	1,23470
0,12	1,00000	1,00600	1,05398	1,13557	1,24228
0,13	1,00000	1,00604	1,05285	1,13511	1,24279
0,14	1,00000	1,00604	1,07320	1,15816	1,26956

Розрахунок огорожуючої конструкції за допомогою температурного поля



Укрупнені значення приведенного опору теплопередачі

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\lambda_{вн}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього цегляного шару				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
від 0 м до 0,14 м	0,9992	1,0090	1,0687	1,1611	1,2688

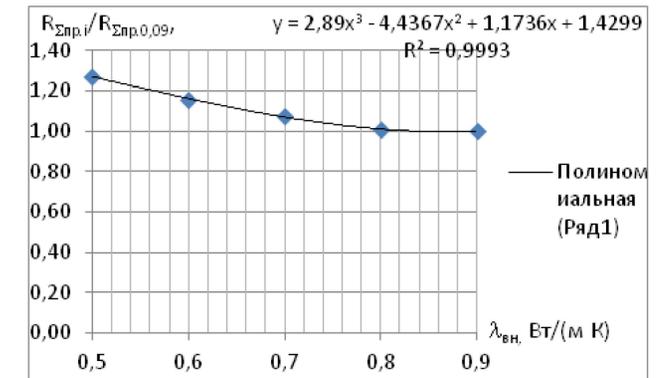
Похибка між розрахунком за температурним полем та за лініями тренда

Товщина утеплювача, м	Робочість між розрахунковими значеннями та отриманими за формулою тренда, %				
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
0,01	-0,0777	0,4921	1,7963	4,7989	7,0612
0,02	-0,0777	0,4576	1,5005	4,2170	6,2179
0,03	-0,0777	0,4362	1,2062	3,6266	5,3177
0,04	-0,0777	0,4070	0,9251	3,0611	4,4417
0,05	-0,0777	0,3917	3,5646	5,7189	7,0999
0,06	-0,0777	0,3682	3,9417	5,8772	7,0065
0,07	-0,0777	0,3679	3,3868	5,0797	5,9385
0,08	-0,0777	0,3351	2,9091	4,3830	4,9955
0,09	-0,0777	0,3288	2,4930	3,7820	4,1680
0,1	-0,0777	0,3196	2,0814	3,1948	3,3940
0,11	-0,0777	0,2967	1,7642	2,7323	2,7597
0,12	-0,0777	0,2955	1,3977	2,2470	2,1325
0,13	-0,0777	0,2910	1,5057	2,2886	2,0905
0,14	-0,0777	0,2919	-0,4183	0,2527	-0,0619
Середня за абсолютною величиною робочість					1,54%
Максимальна за абсолютною величиною робочість					5,88%

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,14 м)

$$k_{\lambda_{вн}} = 2,89 \cdot \lambda_{вн}^3 - 4,4367 \cdot \lambda_{вн}^2 + 1,1736 \cdot \lambda_{вн} + 1,4299$$

Графік залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності внутрішнього шару



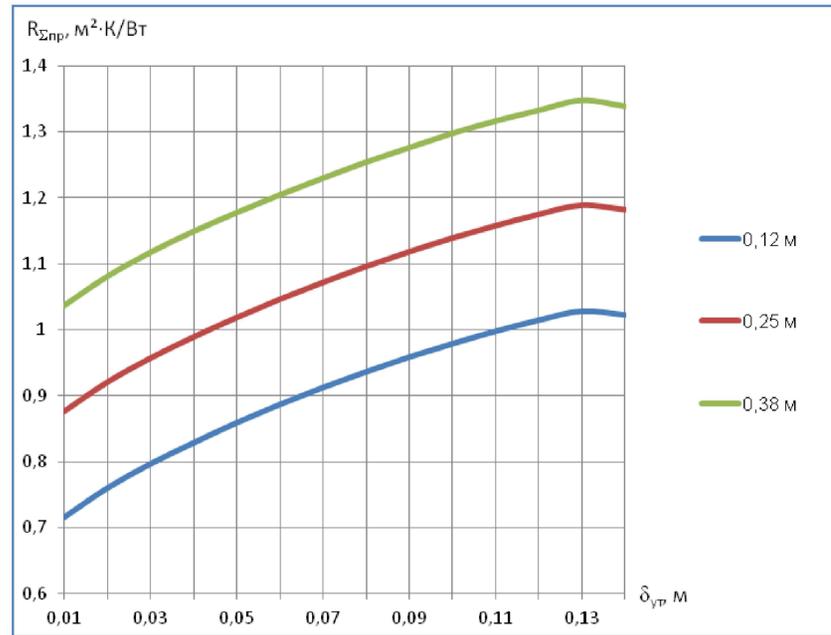
2МБП.9976668.MP					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Виконав	Криденко				
Керівник	Абраменко				
Н. контр.	Семко О.В.				
Затвердив	Семко О.В.				
Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки внутрішнього цегляного шару на приведенний опір теплопередачі					Станд.
Формула для визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки, розрахунок за температурним полем					Аркуш
					Аркуш
					15
НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"					

Коефіцієнт, $k_{\delta_{ЗН}}$, що враховує вплив товщини зовнішнього цегляного шару $\delta_{ЗН}$ на величину приведенного опору теплопередачі $R_{пр}$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару $\delta_{вн}$, м		
	Товщина зовнішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,714847	0,875252	1,035699
0,02	0,759318	0,919677	1,08009
0,03	0,796073	0,956128	1,116641
0,04	0,828063	0,988211	1,148539
0,05	0,858572	1,017657	1,177147
0,06	0,886349	1,04543	1,204164
0,07	0,912149	1,070979	1,229545
0,08	0,936016	1,095213	1,253847
0,09	0,958394	1,117372	1,2758
0,1	0,97874	1,138306	1,297796
0,11	0,997667	1,156992	1,316509
0,12	1,014449	1,174126	1,332682
0,13	1,028255	1,188127	1,347948
0,14	1,02258	1,181443	1,339176

Графік залежності приведенного опору теплопередачі від товщини зовнішнього цегляного шару



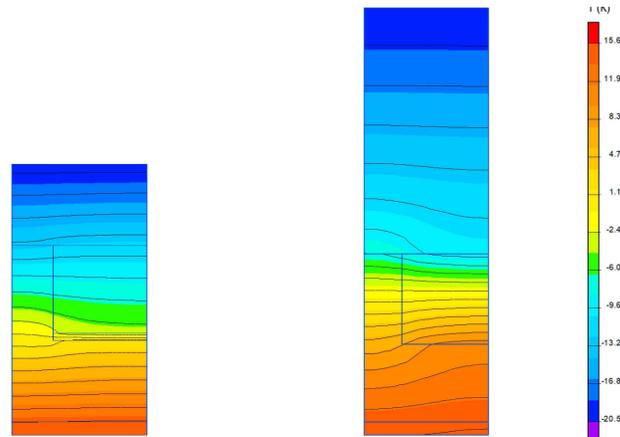
Відносне збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару $\delta_{вн}$, м		
	0,12	0,25	0,38
0,01	1,0000	1,2244	1,4488
0,02	1,0000	1,2112	1,4224
0,03	1,0000	1,2011	1,4027
0,04	1,0000	1,1934	1,3870
0,05	1,0000	1,1853	1,3711
0,06	1,0000	1,1795	1,3586
0,07	1,0000	1,1741	1,3480
0,08	1,0000	1,1701	1,3396
0,09	1,0000	1,1659	1,3312
0,1	1,0000	1,1630	1,3260
0,11	1,0000	1,1597	1,3196
0,12	1,0000	1,1574	1,3137
0,13	1,0000	1,1555	1,3109
0,14	1,0000	1,1554	1,3096

Похибка між розрахунком за температурним полем та за лініями тренда

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %		
	Товщина зовнішнього цегляного шару		
	0,12	0,25	0,38
0,01	0,0044	0,0048	0,0011
0,02	0,0044	1,0949	1,8566
0,03	0,0044	1,9478	3,2915
0,04	0,0042	-1,1617	-2,0465
0,05	0,0042	-0,4853	-0,9057
0,06	0,0042	0,0050	0,0050
0,07	0,0042	0,4608	0,7915
0,08	0,0042	0,8083	1,4241
0,09	0,0042	1,1715	2,0620
0,1	0,0042	1,4192	2,4621
0,11	0,0042	1,7108	2,9590
0,12	0,0042	1,9125	3,4204
0,13	0,0042	2,0821	3,6407
0,14	0,0042	2,0931	3,7438
Середня за абсолютною величиною розбіжність			1,1%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність			3,7%

Розрахунок огорожуючої конструкції за допомогою температурного поля



Укрупнені значення приведенного опору теплопередачі

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\delta_{ЗН}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від товщини зовнішнього цегляного шару, м		
	0,12	0,25	0,38
від 0 м до 0,03 м	1,0000	1,2245	1,4489
від 0 м до 0,04 м	1,0000	1,1795	1,3586

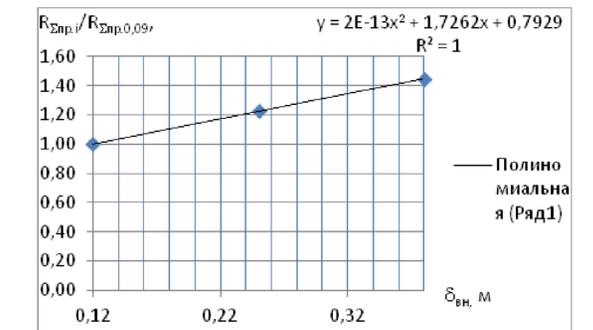
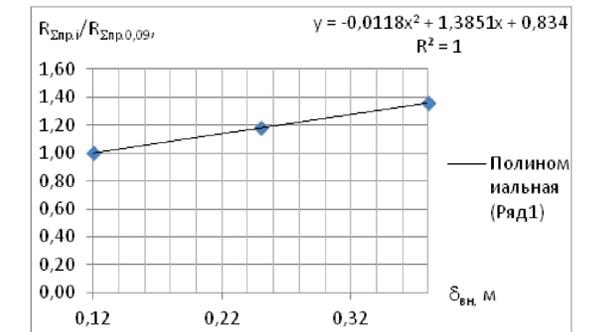
Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,03 м)

$$k_{\delta_{ЗН}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{ЗН} + 0,7929$$

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0,4 м до 0,14 м)

$$k_{\delta_{ЗН}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{ЗН}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{ЗН} + 0,834$$

Графіки залежності приведенного опору теплопередачі від товщини зовнішнього цегляного шару



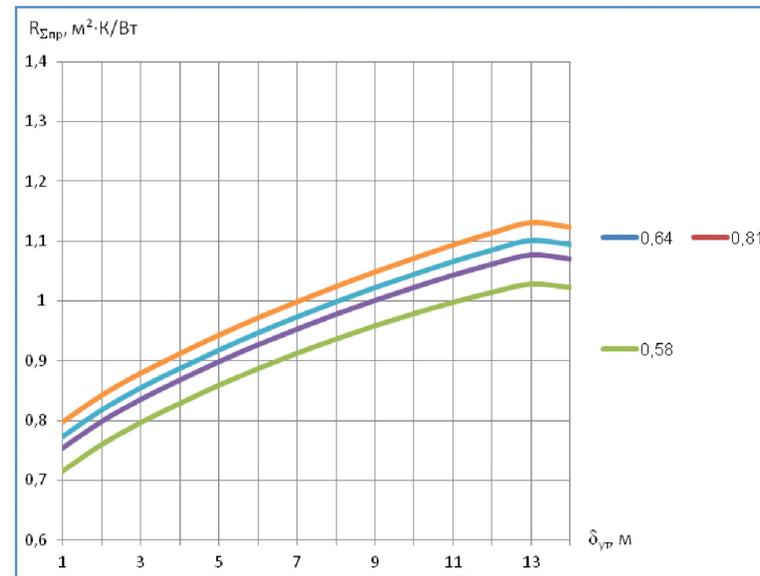
2МБП.9976668.МР					
Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Виконав	Криденко				
Керівник	Абраменко				
Коефіцієнт, що враховує вплив товщини зовнішнього цегляного шару на приведений опір теплопередачі				Стадія	Аркуш
				МР	10
				15	
Формули для визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки, розрахунок за температурним полем				НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"	
Н. контр.	Семко О.В.				
Затвердив	Семко О.В.				

Коефіцієнт, $k_{\lambda_{3H}}$, що враховує вплив коефіцієнта теплопровідності зовнішнього λ_{3H} цегляного шару на величину приведенного опору теплопередачі $R_{пр}$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару λ_{3H} , м ² ·°К/Вт			
	0,81	0,64	0,58	0,52
0,01	0,714847	0,754213	0,773663	0,797546
0,02	0,759318	0,798869	0,818264	0,84222
0,03	0,796073	0,835706	0,855219	0,879227
0,04	0,828063	0,867989	0,887603	0,911722
0,05	0,858572	0,898785	0,918043	0,942828
0,06	0,886349	0,927089	0,947051	0,971565
0,07	0,912149	0,953368	0,973603	0,998427
0,08	0,936016	0,978249	0,998866	1,024121
0,09	0,958394	1,001639	1,02274	1,048562
0,1	0,97874	1,023238	1,044936	1,071443
0,11	0,997667	1,043844	1,066254	1,093619
0,12	1,014449	1,062271	1,085501	1,113846
0,13	1,028255	1,077717	1,101739	1,131044
0,14	1,02258	1,071176	1,094788	1,123611

Графік залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару



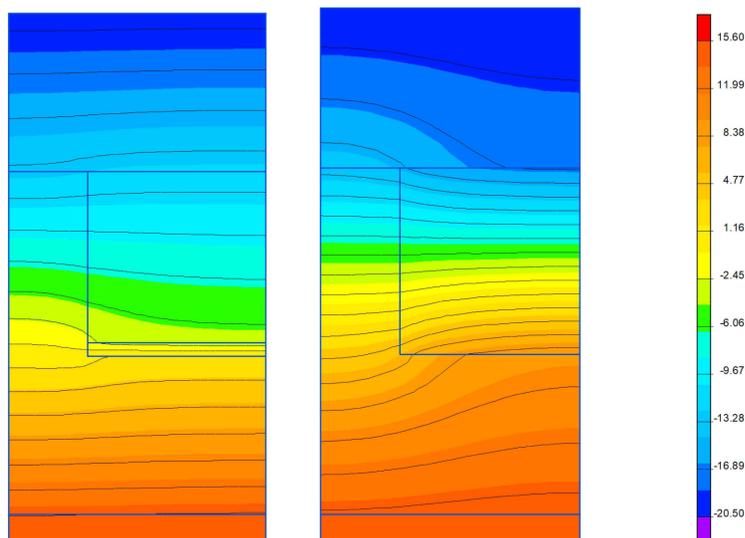
Відносне збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару λ_{3H} , м ² ·°К/Вт			
	0,81	0,64	0,58	0,52
0,01	1,000000	1,055069127	1,082277746	1,115687693
0,02	1,000000	1,052087531	1,077630189	1,109179553
0,03	1,000000	1,049785635	1,074297206	1,104455245
0,04	1,000000	1,048216138	1,071902742	1,101029753
0,05	1,000000	1,046837074	1,069267342	1,098135043
0,06	1,000000	1,045963836	1,068485439	1,096142716
0,07	1,000000	1,045188889	1,067372765	1,094587617
0,08	1,000000	1,045119955	1,067146288	1,094127664
0,09	1,000000	1,045122361	1,067139402	1,094082392
0,1	1,000000	1,045464577	1,067633897	1,094716677
0,11	1,000000	1,046284983	1,068747388	1,096176379
0,12	1,000000	1,047140862	1,070039992	1,097981269
0,13	1,000000	1,048102854	1,071464763	1,099964503
0,14	1,000000	1,047522932	1,070613546	1,098800094

Похибка між розрахунком за температурним полем та за лініями тренда

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %			
	0,81	0,64	0,58	0,52
0,01	0,0106	0,0257	0,0827	-0,0298
0,02	0,0106	0,3092	0,5143	0,5568
0,03	0,0106	0,5291	0,8262	0,9870
0,04	0,0106	0,6796	1,0514	1,3011
0,05	0,0106	0,8123	1,3005	1,5682
0,06	0,0106	0,8964	1,3746	1,7528
0,07	0,0106	0,9713	1,4803	1,8973
0,08	0,0106	0,9779	1,5018	1,9402
0,09	0,0106	0,9777	1,5025	1,9444
0,1	0,0106	0,9446	1,4555	1,8853
0,11	0,0106	0,8655	1,3498	1,7497
0,12	0,0106	0,7830	1,2273	1,5824
0,13	0,0106	0,6905	1,0927	1,3992
0,14	0,0106	0,7463	1,1731	1,5067
Середня за абсолютною величиною розбіжність				0,8%
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність				1,9%

Розрахунок огорожуючої конструкції за допомогою температурного поля



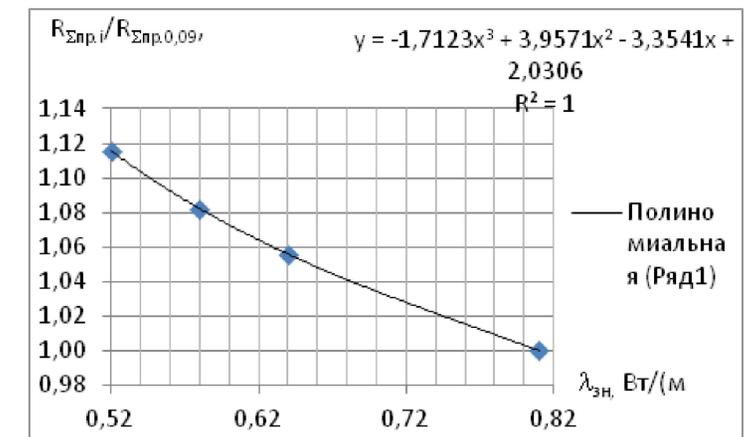
Укрупнені значення приведенного опору теплопередачі

Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт $k_{\lambda_{3H}}$, що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару, м			
	0,81	0,64	0,58	0,52
від 0 м до 0,03 м	1,0001	1,0553	1,0832	1,1154

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,14 м)

$$k_{\lambda_{3H}} = -1,7123 \cdot \lambda_{3H}^3 + 3,9571 \cdot \lambda_{3H}^2 - 3,3541 \cdot \lambda_{3H} + 2,0306$$

Графік залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього шару



2МБП.9976668.МР					
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата
Виконав	Криченко				
Керівник	Абраменко				
Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки					
Коефіцієнт, що враховує вплив коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару на приведений опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки			Станд.	Аркуш	Аркушів
			МР	11	15
Формула для визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки, розрахована за температурним полем					
Н. контр.	Семко О.В.	НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			
Затвердив	Семко О.В.				

Коефіцієнт, k_{l_0} , що враховує вплив відстані між діафрагмами жорсткості l_d на величину приведенного опору теплопередачі $R_{пр}$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем

Відносне збільшення приведенного опору теплопередачі в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості

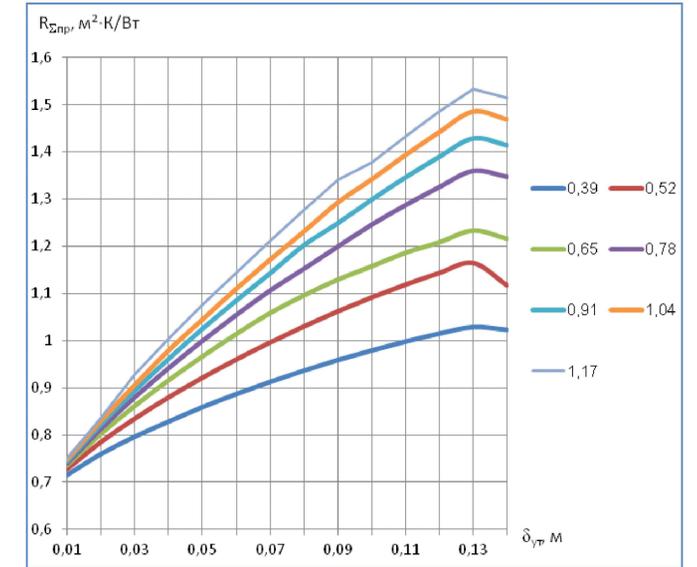
Похибка між розрахунком за температурним полем та за лініями тренда

Графік залежності приведенного опору теплопередачі від коефіцієнта теплопровідності зовнішнього цегляного шару

Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості, м						
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
0,01	0,71484	0,72737	0,7352	0,74060	0,7445	0,74745	0,7497
0,02	0,75931	0,78516	0,8022	0,81419	0,8229	0,82959	0,8349
0,03	0,79607	0,83492	0,8615	0,88059	0,8945	0,90554	0,9277
0,04	0,82806	0,88007	0,9161	0,94219	0,9615	0,97884	1,0030
0,05	0,85857	0,92151	0,9665	0,99987	1,0251	1,04422	1,0750
0,06	0,88634	0,96042	1,0142	1,05466	1,0850	1,10936	1,1448
0,07	0,91214	0,99653	1,0589	1,10630	1,1426	1,17117	1,2120
0,08	0,93601	1,03067	1,0962	1,15231	1,2022	1,23076	1,2771
0,09	0,95839	1,06256	1,1297	1,19919	1,2484	1,29206	1,3410
0,1	0,97874	1,09227	1,1582	1,24591	1,2986	1,34152	1,3771
0,11	0,99766	1,11948	1,1869	1,28712	1,3457	1,39312	1,4324
0,12	1,01444	1,14429	1,2091	1,32545	1,3893	1,44177	1,4850
0,13	1,02825	1,16558	1,2341	1,35956	1,4283	1,48531	1,5329
0,14	1,02258	1,1180	1,2168	1,34726	1,4140	1,46882	1,5148

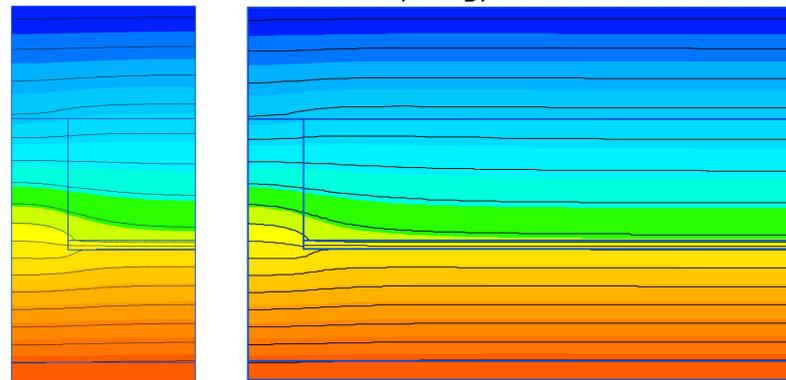
Товщина утеплювача, м	Приведений опір теплопередачі за розрахунком температурного поля в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості l_d , м						
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
0,01	1,0000	1,0175	1,0285	1,0360	1,0415	1,0456	1,0488
0,02	1,0000	1,0340	1,0566	1,0723	1,0838	1,0926	1,0996
0,03	1,0000	1,0488	1,0822	1,1062	1,1237	1,1375	1,1654
0,04	1,0000	1,0628	1,1063	1,1378	1,1612	1,1821	1,2113
0,05	1,0000	1,0733	1,1257	1,1646	1,1940	1,2162	1,2522
0,06	1,0000	1,0836	1,1443	1,1899	1,2242	1,2516	1,2917
0,07	1,0000	1,0925	1,1610	1,2129	1,2527	1,2840	1,3288
0,08	1,0000	1,1011	1,1712	1,2311	1,2844	1,3149	1,3645
0,09	1,0000	1,1087	1,1788	1,2513	1,3027	1,3482	1,3993
0,1	1,0000	1,1160	1,1834	1,2730	1,3269	1,3707	1,4345
0,11	1,0000	1,1221	1,1897	1,2901	1,3489	1,3964	1,4558
0,12	1,0000	1,1280	1,1919	1,3066	1,3695	1,4212	1,4639
0,13	1,0000	1,1336	1,2002	1,3222	1,3891	1,4445	1,4909
0,14	1,0000	1,0933	1,1900	1,3175	1,3829	1,4364	1,4814

Товщина утеплювача, м	Розбіжність між розрахунковими значеннями та отриманими за формулами тренда, %						
	Відстані між діафрагмами жорсткості						
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17
0,01	0,0265	1,5549	2,7428	3,5508	4,0612	4,4436	4,8682
0,02	0,0265	-0,067	0,0170	0,0513	0,0055	-0,0433	0,0255
0,03	-0,0188	1,3521	2,2639	2,8039	3,2844	4,0073	3,9061
0,04	-0,0188	0,0162	0,0356	-0,055	-0,048	0,0857	-0,035
0,05	-0,0626	1,8770	3,1933	4,0355	4,7608	5,8139	6,0232
0,06	-0,0626	0,9129	1,5157	1,8221	2,1746	2,8235	2,7819
0,07	-0,0626	0,0872	0,0615	-0,105	-0,152	0,2320	-0,091
0,08	-0,2788	-0,410	2,4918	5,5479	7,7967	10,0273	8,2415
0,09	-0,2788	-1,089	1,8278	3,8460	6,2862	7,3137	5,5465
0,1	-0,2788	-1,736	1,4358	2,0742	4,3451	5,5512	2,9571
0,11	-0,2788	-2,271	0,8934	0,7163	2,6404	3,6071	2,8611
0,12	-0,2788	-2,781	0,7071	-0,550	1,0963	1,7951	0,8899
0,13	-0,2788	-3,258	0,0142	-1,726	-0,328	0,1561	-0,935
0,14	-0,2788	0,3005	0,8749	-1,376	0,1212	0,7211	-0,305
Середня за абсолютною величиною розбіжність							1,9
Максимальна за абсолютною величиною розбіжність							10,0



Розрахунок огороджуючої конструкції за допомогою температурного поля

Укрупнені значення приведенного опору теплопередачі



Товщина утеплювача, м	Коефіцієнт k_{l_0} , що враховує зміну приведенного опору теплопередачі в залежності від відстані між діафрагмами жорсткості, м							Формула
	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	
від 0,01 м до 0,02 м	1,000	1,033	1,056	1,072	1,083	1,092	1,099	1
від 0,03 м до 0,04 м	0,999	1,060	1,106	1,137	1,160	1,183	1,211	2
від 0,05 до 0,06 м	0,999	1,093	1,161	1,211	1,250	1,286	1,327	3
від 0,07 до 0,14 м	0,997	1,096	1,200	1,299	1,384	1,446	1,476	4

$$k_{l_0}^1 = 0,1745 \cdot l_d^3 - 0,5579 \cdot l_d^2 + 0,653 \cdot l_d + 0,8201$$

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0 м до 0,02 м)

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0,03 м до 0,04 м)

$$k_{l_0}^2 = 0,4691 \cdot l_d^3 - 1,307 \cdot l_d^2 + 1,382 \cdot l_d + 0,6318$$

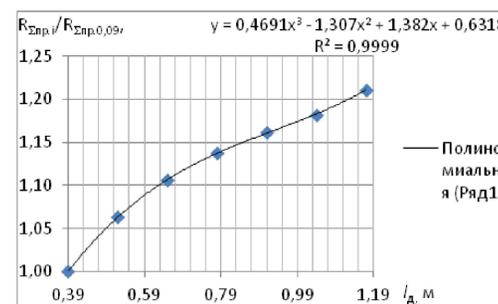
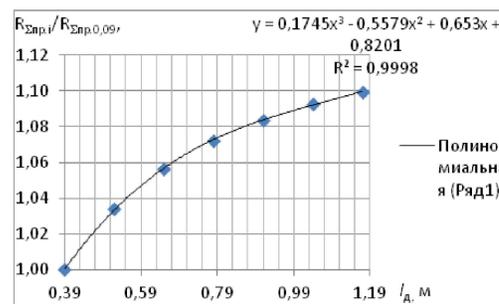
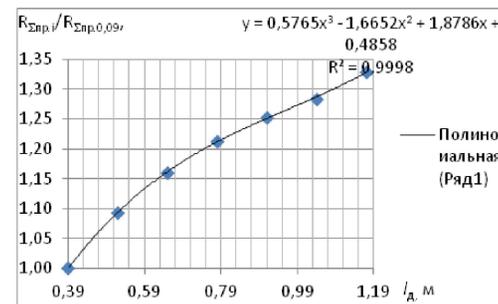
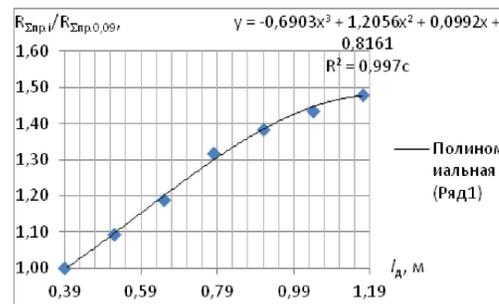
Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0,5 м до 0,06 м)

$$k_{l_0}^3 = 0,5765 \cdot l_d^3 - 1,6652 \cdot l_d^2 + 1,8786 \cdot l_d + 0,4858$$

Формула лінії тренда за поліноміальним графіком (товщина утеплювача від 0,07 м до 0,14 м)

$$k_{l_0}^4 = -0,6903 \cdot l_d^3 + 1,2056 \cdot l_d^2 + 0,0992 \cdot l_d + 0,8161$$

Графіки залежності приведенного опору теплопередачі від відстані між діафрагмами жорсткості



2МБП.9976668.МР									
Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки									
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Коефіцієнт, що враховує вплив відстані між діафрагмами жорсткості на приведенний опір теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки			
Виконав	Криченко					Стаття	Аркуш	Аркуші	
Керівник	Абраменко					МР	12	15	
Формули для визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки, розрахунок за температурним полем						НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			
Н. контр.	Семко О.В.								
Затвердив	Семко О.В.								

Запропонована методика розрахунку приведенного опору теплопередачі

цеглиних стін полегшеної кладки

Виконувати розрахунок приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки пропонується наступними способами :

1. з застосуванням формули

$$R_{пр} = R_{\delta_{ут}} \cdot k_{\lambda_{ут}} \cdot k_{\delta_{в}} \cdot k_{\lambda_{в}} \cdot k_{\delta_{зн}} \cdot k_{\lambda_{зн}} \cdot k_{l_{д}}$$

де складові формули визначаються за таблицями : 4.2, 4.3, 4.4, 4.8, 4.12, 4.16, 4.20, 4.24.

2. з застосуванням формул :

$$R_{пр} = R_{\delta_{ут}} \cdot k_{\lambda_{ут}} \cdot k_{\delta_{в}} \cdot k_{\lambda_{в}} \cdot k_{\delta_{зн}} \cdot k_{\lambda_{зн}} \cdot k_{l_{д}}$$

де $R_{\delta_{ут}}$ - приведений опір теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки, $m^2 \cdot K / Вт$, що враховує товщину утеплювача, визначається за формулою :

$$R_{\delta_{ут}} = -14,044 \cdot \delta_{ут}^2 + 4,552 \cdot \delta_{ут} + 0,666$$

де $\delta_{ут}$ - товщина утеплювача, м;

$k_{\lambda_{ут}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності утеплювача, визначається за формулами :
для $\delta_{ут}$ від 0,01 до 0,03 м

$$k_{\lambda_{ут}}^1 = -134,72 \cdot \lambda_{ут}^3 + 40,047 \cdot \lambda_{ут}^2 - 5,1518 \cdot \lambda_{ут} + 1,2374$$

для $\delta_{ут}$ від 0,04 до 0,14 м

$$k_{\lambda_{ут}}^2 = 9,8283 \cdot \lambda_{ут}^2 - 3,5276 \cdot \lambda_{ут} + 1,2381$$

де $\lambda_{ут}$ - коефіцієнт теплопровідності утеплювача, $Вт / (м \cdot К)$;

$k_{\delta_{в}}$ - коефіцієнт, що враховує товщину внутрішнього цегляного шару, визначається за формулами :
для $\delta_{в}$ від 0,01 до 0,05 м

$$k_{\delta_{в}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{в} + 0,7929$$

для $\delta_{в}$ від 0,06 до 0,14 м

$$k_{\delta_{в}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{в}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{в} + 0,834$$

де $\delta_{в}$ - коефіцієнт, що враховує товщину внутрішнього цегляного шару, м;

$k_{\lambda_{в}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності внутрішнього цегляного шару, визначається за формулою :

$$k_{\lambda_{в}} = 2,89 \cdot \lambda_{в}^3 - 4,4367 \cdot \lambda_{в}^2 + 1,1736 \cdot \lambda_{в} + 1,4299$$

де $\lambda_{в}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності внутрішнього цегляного шару, $Вт / (м \cdot К)$;

$k_{\delta_{зн}}$ - коефіцієнт, що враховує товщину зовнішнього цегляного шару, визначається за формулами :
для $\delta_{зн}$ від 0,01 до 0,05 м

$$k_{\delta_{зн}}^1 = 1,7262 \cdot \delta_{зн} + 0,7929$$

для $\delta_{зн}$ від 0,06 до 0,14 м

$$k_{\delta_{зн}}^2 = 0,0118 \cdot \delta_{зн}^2 + 1,3851 \cdot \delta_{зн} + 0,834$$

де $\delta_{зн}$ - коефіцієнт, що враховує товщину зовнішнього цегляного шару, м;

$k_{\lambda_{зн}}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності зовнішнього цегляного шару, визначається за формулою :

$$k_{\lambda_{зн}} = -1,7123 \cdot \lambda_{зн}^3 + 3,9571 \cdot \lambda_{зн}^2 - 3,3541 \cdot \lambda_{зн} + 2,0306$$

де $\lambda_{зн}$ - коефіцієнт, що враховує коефіцієнт теплопровідності зовнішнього цегляного шару, $Вт / (м \cdot К)$;

$k_{l_{д}}$ - коефіцієнт, що враховує відстань між діафрагмами жорсткості, визначається за формулами :
для $\delta_{д}$ від 0,01 до 0,02 м

$$k_{l_{д}}^1 = 0,1745 \cdot l_{д}^3 - 0,5579 \cdot l_{д}^2 + 0,653 \cdot l_{д} + 0,8201$$

для $\delta_{д}$ від 0,03 до 0,04 м

$$k_{l_{д}}^2 = 0,4691 \cdot l_{д}^3 - 1,307 \cdot l_{д}^2 + 1,382 \cdot l_{д} + 0,6318$$

для $\delta_{д}$ від 0,05 до 0,07 м

$$k_{l_{д}}^3 = 0,5765 \cdot l_{д}^3 - 1,6652 \cdot l_{д}^2 + 1,8786 \cdot l_{д} + 0,4858$$

для $\delta_{д}$ від 0,08 до 0,14 м

$$k_{l_{д}}^4 = -0,6903 \cdot l_{д}^3 + 1,2056 \cdot l_{д}^2 + 0,0992 \cdot l_{д} + 0,8161$$

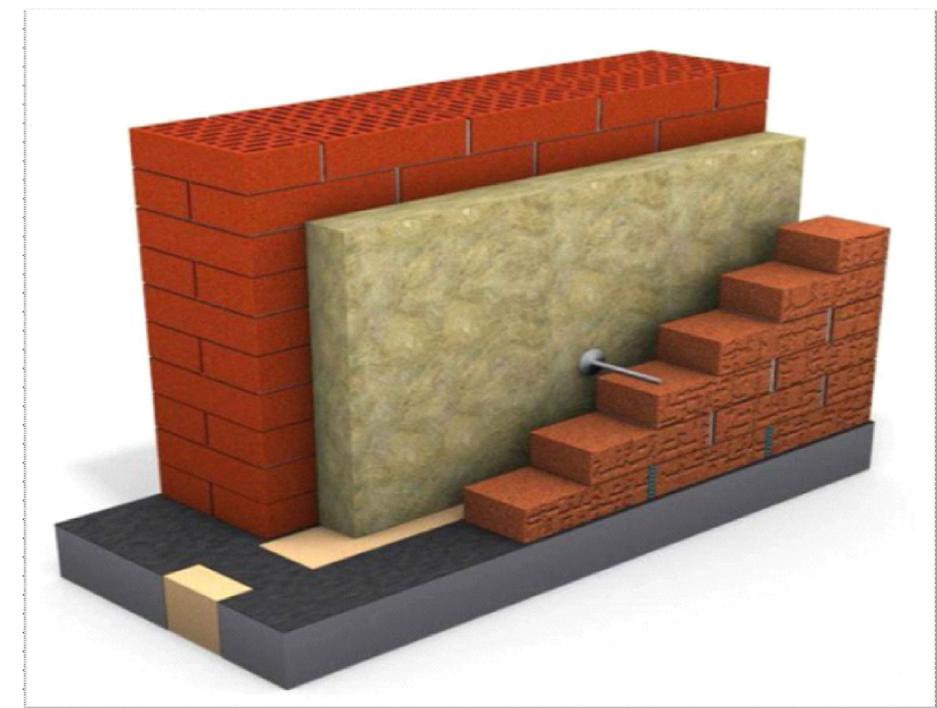
де $l_{д}$ - коефіцієнт, що враховує відстань між діафрагмами жорсткості, м.

3. з застосуванням формули :

$$R_{пр} = R_{\delta_{ут}} \cdot k_{\lambda_{ут}} \cdot k_{\delta_{в}} \cdot k_{\lambda_{в}} \cdot k_{\delta_{зн}} \cdot k_{\lambda_{зн}} \cdot k_{l_{д}}$$

де складові формули визначаються за укрупненими таблицями : 4.1, 4.11, 4.15, 4.19, 4.23, 4.27.

Дослідна конструкція для розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляної стіни полегшеної кладки



						2МБП.9976668.МР		
						Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки		
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата			
Виконав	Кривенко					Запропонована методика розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки		
Керівник	Абраменко							
						Стадія	Аркуш	Аркушів
						МР	13	15
						Інженерна методика розрахунку приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки		
						НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
						Затвердив		
						Семко О.В.		

Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем та запропонованими методиками та розбіжність між одержаними результатами

		Параметри, що впливають на приведений опір							Приведений опір теплопередачі за методиками					Похибка				
		$\delta_{ут}$	$\lambda_{ут}$	$\delta_{вн}$	$\lambda_{вн}$	$\delta_{зн}$	$\lambda_{зн}$	l_d	За розрахунком температурного поля	1	2	3	За Фокінім	Температурне поле	1	2	3	За Фокінім
у межах параметрів	0,01	0,03	0,12	0,7	0,12	0,52	0,39	0,9053	0,91317345	0,94463203	0,970012	0,83333646	1,00000	0,869707	4,34464	7,148128	-7,9491373	
	0,03	0,035	0,16	0,72	0,16	0,54	0,52	1,20598	1,21864	1,14983882	1,12886345	1,05528	1,00000	1,049769	-4,65523	-6,39451	-12,4960613	
	0,04	0,038	0,18	0,734	0,18	0,56	0,65	1,46447	1,470544	1,44125717	1,3929013	1,262496	1,00000	0,414758	-1,58507	-4,887	-13,7916106	
	0,06	0,042	0,2	0,746	0,2	0,64	0,78	1,61762	1,62843	1,60184983	1,5833211	1,481499	1,00000	0,668266	-0,9749	-2,12033	-8,41489349	
	0,07	0,048	0,22	0,76	0,22	0,69	0,91	1,72954	1,740017	1,81010833	1,62930212	1,533938	1,00000	0,605768	4,658367	-5,79564	-11,3094811	
	0,08	0,05	0,25	0,775	0,25	0,72	1,04	1,78824	1,795432	1,84516541	1,70667542	1,567199	1,00000	0,402183	3,183321	-4,56117	-12,3608129	
	0,1	0,063	0,28	0,793	0,28	0,75	1,06	1,83766	1,848846	1,86238229	1,87265423	1,721022	1,00000	0,608709	1,345313	1,904282	-6,34709359	
	0,11	0,07	0,31	0,801	0,31	0,77	1,09	1,90024	1,918743	1,9211839	1,942210087	1,827355	1,00000	0,973719	1,102171	2,208673	-3,83556814	
	0,13	0,082	0,34	0,859	0,34	0,79	1,12	1,95332	1,976642	1,9672091	1,989442	2,028327	1,00000	1,193967	0,711051	1,849262	3,839975017	
	0,14	0,09	0,38	0,9	0,38	0,81	1,17	2,09213	2,111032	2,13427159	2,1404465	2,031582	1,00000	0,903481	2,014291	2,309441	-2,89408402	
за межами параметрів	0,01	0,03	0,12	0,7	0,12	0,21	0,13	1,18934	1,201184	1,16714058	1,14873542	1,129526	1,00000	0,995846	-1,86653	-3,41404	-5,02917585	
	0,03	0,035	0,16	0,72	0,16	0,23	0,26	1,37984	1,394632	1,37070516	1,3302886	1,443555	1,00000	1,072008	-0,66202	-3,5911	4,617564355	
	0,04	0,038	0,18	0,734	0,18	0,29	0,28	1,56894	1,5810084	1,5518862	1,55068832	1,534658	1,00000	0,769207	-1,08696	-1,16331	-2,18504213	
	0,06	0,042	0,2	0,746	0,2	0,31	0,31	1,85342	1,866008	1,85243879	1,7600478	1,711778	1,00000	0,679177	-0,05294	-5,03783	-7,64219659	
	0,07	0,048	0,22	0,76	0,22	0,33	0,37	2,02439	2,042443	2,01574034	1,89765212	1,827418	1,00000	0,891775	-0,42727	-6,26055	-9,72994334	
	0,08	0,05	0,25	0,775	0,25	0,41	1,3	2,56844	2,595652	2,56682877	2,4900762	2,45806	1,00000	1,059476	-0,06273	-3,05103	-4,29755026	
	0,1	0,063	0,28	0,793	0,28	0,49	1,47	2,48988	2,516453	2,53614747	2,4455421	2,392072	1,00000	1,06724	1,858221	-1,78072	-3,92822144	
	0,11	0,07	0,31	0,801	0,31	0,93	1,6	2,43982	2,461864	2,46682877	2,3799021	2,326601	1,00000	0,903509	1,106999	-2,45583	-4,64046528	
	0,13	0,082	0,34	0,859	0,34	0,95	1,73	2,38643	2,399865	2,37614747	2,34002189	2,281128	1,00000	0,562975	-0,43088	-1,94467	-4,41253253	
	0,14	0,09	0,38	0,9	0,38	0,97	1,86	2,34721	2,360171	2,3186532	2,297469	2,279804	1,00000	0,552187	-1,21663	-2,11915	-2,87174986	

					2МБП.9976668.МР						
					Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки						
Зм.	Кільк.	Арк.	Док.	Підпис	Дата	Розрахунок приведенного опору теплопередачі за температурним полем та запропонованими методиками			Стадія	Аркуш	Аркушів
Виконав	Криченко								МР	14	15
Керівник	Абраменко										
					Порівняльний аналіз розрахунків приведенного опору теплопередачі за температурним полем та методиками						
Н. контр.	Семко О.В.								НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Затвердив	Семко О.В.										

Загальні висновки

1. *Нераціональні витрати енергії на опалення житлових і громадських будівель від питомої ваги енергоресурсів у витратах на утримання та експлуатацію житла складає близько 60 %.*
2. *У випадку неможливості розташування утеплювача з зовнішньої сторони, він розташовується з внутрішньої сторони або всередині цегляної (полегшеної) кладки.*
3. *При застосуванні полегшеної кладки вологістний режим утеплювача кращий ніж при його розташуванні з внутрішньої сторони.*
4. *Розташування утеплювача у «колодязі» біля внутрішньої його поверхні більш доцільно з точки зору приведенного опору теплопередач ніж біля зовнішньої.*
4. *Для зниження тепловтрат крізь огорожувальні конструкції будинків необхідно більш точно визначати їх опір теплопередачі особливо у місцях теплопровідних включень та на ділянках зі складною конфігурацією.*
5. *Існуюча методика визначення приведенного опору теплопередачі цегляних стін полегшеної кладки є доволі трудомісткою і дає значну похибку. Тому необхідно розробити інженерну методику розрахунку.*
7. *Із запропонованих методик найбільш точною є перша методика, недоліками якої є неточність визначення значень при інтерполяції та складність при екстраполяції значень. До того ж використання таблиць з таким значним обсягом значень у нормативній літературі недоцільна.*
8. *Методика 2 дає більш неточні дані у порівнянні з методикою 1, але позбавлена недоліків попередньої методики.*
9. *Найбільш неточним є метод 3 з застосуванням укрупнених показників, але він являвся найбільш простим.*

						2МБП.9976668.МР					
						<small>Дослідження теплозахисних якостей зовнішніх стін полегшеної кладки</small>					
<small>Зм.</small>	<small>Кільк.</small>	<small>Арк.</small>	<small>Док.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дата</small>				<small>Стадія</small>	<small>Аркуш</small>	<small>Аркушів</small>
<small>Виконав</small>	<small>Криденко</small>	<small>Керівник</small>	<small>Абраменко</small>			Загальні висновки			МР	15	15
<small>Н. контр.</small>	<small>Семко О.В.</small>	<small>Затвердив</small>	<small>Семко О.В.</small>						Загальні висновки по магістерській роботі		
						<small>НУ "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"</small>					