

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра
(назва освітнього ступеня)

на тему: **Дослідження експлуатаційних властивостей нових будівельних матеріалів в залежності від технологічно-конструктивних параметрів**

Виконав: студент 6 курсу, групи МБ_{нм}-61
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Дзюбак А.М.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Бодрова Л.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Данильченко С. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Дзюбак Анні Марії Богданівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження експлуатаційних властивостей нових будівельних матеріалів в залежності від технологічно-конструктивних параметрів

Керівник роботи Бодрова Людмила Гордіївна, к.т.н, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «___» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Дослідити залежність геометричних параметрів покриття з рідкої керамічної теплоізоляції та пінополіуретану. Для дослідження вибрано теплоізоляційне покриття Керамоізол і пінополіуретанову наплювальну теплоізоляцію в балона.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Огляд літературних джерел за темою досліджень; методика проведення експериментальних досліджень; результати експериментальних досліджень; аналіз результатів експериментальних досліджень; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях; загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний розділ	Бодрова Л. Г., к.т.н, професор		
Охорона праці	Каспрук В.Б. к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викл.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М. ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	07.11.2020	
2	Постановка мети та задач досліджень	01.12.2020	
3	Виготовлення експериментальних зразків	25.03.2021	
4	Дослідження теплоізоляційних властивостей цегли покритої Керамоізолом	04.04.2021	
5	Дослідження теплоізоляційних властивостей бетону покритого Керамоізолом	14.04.2021	
6	Дослідження теплоізоляційних властивостей цегли покритої пінополіуретаном	28.04.2021	
7	Статистична обробка результатів	30.04.2021	
8	Аналіз отриманих результатів	15.05.2021	
9	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	28.05.2021	
10	Загальні висновки	20.05.2021	

Студент

_____ (підпис)

Дзюбак А.М.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бодрова Л.Г.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1	8
1.1 Важливі експлуатаційні властивості будівельних матеріалів	8
1.2 Сучасні вимоги до енергозбереження будівель та методи їх забезпечення	9
1.3 Аналіз сучасних теплоізоляційних рідких теплоізоляційних матеріалів.....	12
1.4 Теплоізоляційне покриття з мікросферами кераміки.....	13
1.5 Застосування і характеристики і пінополіуретану	16
1.6 Аналіз результатів відомих досліджень за темою роботи і формулювання задач для власних досліджень	20
1.7 Висновок до першого розділу	21
РОЗДІЛ 2	22
2.1 Нормативні документи з визначення з визначення теплоізоляційних властивостей матеріалів та конструкцій.....	22
2.2 Підготовка матеріалів для проведення дослідів	23
2.3 Конструктивні особливості установки для визначення коефіцієнту теплопровідності	30
2.4 Методика виконання експериментальних досліджень.....	33
2.5 Висновки за другим розділом.....	35
РОЗДІЛ 3	37
3.1 Тарування приладу для теплотехнічних досліджень будівельних матеріалів ..	37
3.2 Дослідження теплопровідності суцільних однорідних матеріалів.....	40
3.2.1 Визначити теплотехнічних характеристик пінополістиролу	40
3.2.2 Визначити теплотехнічних характеристик бетону.....	42
3.2.3 Визначити теплотехнічних характеристик пінополіуретану	44
3.3 Дослідження теплопровідності зразків з покриттям.....	46
3.3.1 Визначення теплотехнічних характеристик цегли і бетону з покриттям Керамоізол	46

3.3.2	Визначення теплотехнічних характеристик цегли з покриттям пінополіуретан.....	62
3.4	Аналіз і узагальнення досліджень	70
3.5	Висновки за третім розділом	72
РОЗДІЛ 4		74
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		74
4.1	Охорона праці.....	74
4.1.1	Законодавча та нормативна база України з охорони праці.....	74
4.1.2	Охорона праці під час проведення робіт із теплоізоляції	75
4.1.3	Охорона праці при роботі з пневматичним інструментом.....	77
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях	78
4.2.1	Дії у разі виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		81
Додаток А		89

ВСТУП

Основними вимогами до експлуатації будівель згідно з Технічним регламентом будівельних виробів, будівель і споруд називають забезпечення механічного опору і стійкості, дотримання вимог пожежної безпеки, забезпечити життя і безпеки людини і навколишнього середовища, безпека експлуатації, захисту від шуму, економія енергії [1] Ефективне використання енергоресурсів слід передбачити при проектуванні, зведенні та при забезпеченні комфортних умов при експлуатації будівлі впродовж всього її життєвого циклу. Під ефективним використанням енергії, розуміють мінімальні витрати на влаштування належних умов для проживання і життєдіяльності людей та використання будівель за призначенням. Таку властивість будівлі називають енергоефективністю. Потреба зменшення енергії і її ощадливого використання вимагає впровадження нових матеріалів з поліпшеними технологічними характеристиками. Тому теплоізоляційні властивості будівель займають важливе місце при енергоефективній експлуатації будівель. Найбільші втрати теплової енергії в будинку відбувається крізь стіни 30-40%, дах – 15-20% [2], тому актуальною є проблем зменшення втрат тепла шляхом термомодернізації.

Актуальність теми роботи полягає в отриманні вищого теплоізоляційного ефекту при меншій матеріальних затратах на облаштування. На сьогоднішній день, матеріали, які використовують в теплоізоляції, повинні мати не просто низький коефіцієнт теплопровідності, а й володіти іншими експлуатаційні властивості: гідроізоляція, звукоізоляція, екологічність і простота монтажу. Сучасна термореновація стосується не тільки будівель і споруд різного призначення, а й інженерних комунікацій, технологічного обладнання котелень і морозильних камер, ємкостей різних транспорту. Класичні теплоізоляційні матеріали не призначені для таких потреб, тому постає питання нових сучасних матеріалів з високою технологічністю нанесення і збереженням вказаних вище характеристик.

Мета й задача роботи. Оптимізувати конструктивно-технологічні властивості рідкої теплоізоляції для підвищення енергоефективності нових будівель і тих, які знаходяться в експлуатації. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі:

- вибрати 2 види сучасного рідкого теплоізоляційного матеріалу для досліджень;
- вибрати конфігурацію та геометричні розміри дослідних зразків;
- вибрати спосіб нанесення;
- визначити теплопровідність зразків при 1, 2, 3, 4 і 5 шарах теплоізоляційного покриття;
- порівняти теплоізоляційні властивості вибраних матеріалів і класичні теплоізоляційні матеріали;
- проаналізувати отримані результати, виконати їх оптимізацію і надати рекомендації щодо практичного застосування досліджуваних матеріалів.

Об'єктом дослідження є тонкошарова рідка керамічна теплоізоляція і пінополіуретанова піна.

Предметом дослідження є теплоізоляція будинку.

Методи дослідження – визначення теплоізоляційних характеристик будівельних матеріалів з відкритих інформаційних джерел, аналіз наукових роботи на дану тематику, виконання натурних експериментів, аналіз і узагальнення їх результатів.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Роботу виконано за Державною цільовою економічною програмою енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв із відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010 – 2020 роки, яка затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.2010 № 243 та напрямком наукових досліджень кафедри будівельної механіки ТНТУ ім. І. Пулюя.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше виявлено залежність геометричних параметрів покриття з рідкої керамічної теплоізоляції та пінополіуретанової піни на теплоізоляційні властивості цегли і бетону.

Практичне застосування одержаних результатів. Отримані результати досліджень доцільно застосовувати для теплоізоляції житлових, громадських і виробничих приміщень, в якості утеплювача для підвальних і цокольних приміщень, енергозбереження при транспортуванні в трубопроводі, захист від нагріву та переохолодження складських приміщень складної конфігурації.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати роботи оприлюднені на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій», –25-26 листопада 2020 р., м. Тернопіль.

Публікації. Результати роботи опубліковано в збірнику тез доповідей ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ «Актуальні задачі сучасних технологій», –25-26 листопада 2020 р., м. Тернопіль, Дзюбак А.М.Б., Л.Г. Бодрова «Нові теплоізоляційні матеріали сучасного будівництва»

Ключові слова: рідка керамічна теплоізоляція, пінополіуретан, теплопровідність.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Важливі експлуатаційні властивості будівельних матеріалів

Незалежно від часу і епохи будинки завжди повинні були забезпечувати стійкість, міцність, жорсткість, довговічність, захищати від атмосферних опадів і погодних небезпек, вітру, різких перепадів температури в морози і спеку. Проте, окрім вказаних вище характеристик, теперішні будинки також повинні відповідати і сучасним експлуатаційним властивостям.

Енергоефективність будівлі – одна із актуальних вимог, які висувають до будівель [3]. Під енергетичною ефективністю розуміють властивість будівлі протягом всього її життєвого циклу, забезпечувати побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та проживання. Така будівля, враховуючи місцеві кліматичні умови, повинна оптимізувати витрати на енергетичні ресурси на опалення, освітлення, вентиляція, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання.

Для збереження тепла в будівлі використовують теплоізоляційні матеріали, що знижують теплопровідність огорожувальних конструкцій. Такий підхід забезпечує підвищення комфортності житла і перебування людей в будівлі. Гідроізоляційні матеріали захищають зовнішні огорожувальні конструкції, розміщених нижче рівня землі чи мають контакт з водою. Наслідком відсутності гідроізоляції є поява сирості, цвілі, погіршення санітарно-гігієнічних норм, поява корозії і зволоження надземної частини будівлі. Підвищений рівень шуму і вібрації мають негативні наслідки на організм людини, тому звукоізоляційні властивості є важливими для комфортного використання будівель. Теплоізоляційні матеріали зберігають тепло і зменшують енерговитрати, це підвищує енергоефективність будівлі і зменшує витрати на підтримання потрібної температури.

1.2 Сучасні вимоги до енергозбереження будівель та методи їх забезпечення

Екологічні проблеми людства і зростання цін на енергоносії зумовлюють потреби в енергозбереженні. Одним із напрямків покращення життя є – раціональне використання енергоресурсів і заощадження тепла в будинку, тут актуальною стає проблема використання енергозберезувальних матеріалів для термореновації будинку.

Сучасні матеріали для термореновації мають такі теплофізичні характеристики: теплопровідність, щільність, морозостійкість, водопоглинання, паропроникність. Ці критерії матеріалів визначають енергоощадливість, а також екологічність і економічність. На економічну складову теплоізоляційних матеріалів впливає вартість самого матеріалу, довговічність, а також вартість і трудомісткість влаштування робіт. Екологічними показниками теплоізоляційних матеріалів є: вогнетривкість, хімічна та біологічна стійкість, шкідливість. [4]

Державні будівельні норми ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» було розроблено для впровадження Закону України «Про енергоефективність будівель». На відмінно від ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель», де основним принципом було поелементне проектування огорожень, а визначення енергоефективності залишалося всього як залишковий принцип. В чинних будівельних нормах ДБН В.2.6-31:2016 визначення рівня енергоефективності – головне завдання. Класифікують будівель за енергетичною ефективністю подано в таблиці 1.1.

Енергоефективність будівлі розраховують за загальним показником EP [3 п 5.1]:

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

де EP – розрахункова або фактична питома енергія, яку будівля використовує за рік;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотребы будівлі, кВт/год/ м² .

EP_{max} залежить від призначення, поверховості та температурної зони будівлі і приймається згідно додатком Б ДБН В.2.6-31:2016.

Розрахункове значення EP визначають згідно формули (1.1, 1.2)

– для житлових будинків:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd})/A_f; \quad (1.1)$$

– для громадських будинків:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd})/V; \quad (1.2)$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – енергопотреба, яку будівля використовує за рік на опалення, охолодження, та гаряче водопостачання відповідно, кВт·год, визначається згідно ДСТУ Б А.2.2.-12;

A_f, V – кондиціонована чи опалювальна площа житлової будівлі, м², та кондиціонований об'єм для громадської будівлі, м³, ДСТУ Б EN ISO 13790;

Енергозбереження передбачає діяльність, що спрямована на раціональне використання та економну витрату енергії і природних енергетичних ресурсів, за рахунок впровадження технічних, економічних та правових методів [5]. Енергозберезувальні заходи рекомендують використовувати енергію відновлювальних джерел. Натомість енергоефективність передбачає зменшення затрат енергії за таку саму кількість роботи.

До технічних методів підвищення енергозбереження відносять [6, 7]:

- застосування пристроїв та обладнання з малим споживання енергії;
- використання енергоефективних технологій для вироблення і транспортування енергії;
- теплоізоляція будівель;
- заміна вичерпних джерел енергії на відновлювальні.

Таблиця 1.1 Класифікація будинків за енергетичною ефективністю [3]

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребю	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотребі EP від максимально допустимого значення EP_{max} , $[\frac{(EP - EP_{max})}{EP_{max}}] \cdot 100\%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Серед найчастіше використовуваних теплоізоляційних матеріалів для утеплення будівель в Україні є пінополістирол експандований (безпресований), пінополістирол екструдований, скловата, кам'яна вата [8], на рис.1.1 подано процентне співвідношення, щодо використання матеріалів в Україні.

Популярність даних матеріалів можна пояснити співвідношенням ціни і їх технічних характеристик. Проте високий рівень трудовитрат на монтаж теплоізоляції, дороговизна подальших опоряджувальних робіт [9], створюють попит на використання рідких напілювальних теплоізоляційних матеріалів. Такі матеріали є суттєво технологічнішими при монтажі, чим плитні утеплювачі, не залежно від конфігурації поверхні.



Рисунок 1.1 – Структура використання теплоізоляційних матеріалів в Україні в 2019 році [10]

1.3 Аналіз сучасних теплоізоляційних рідких теплоізоляційних матеріалів

Сучасну рідку теплоізоляцію умовно можна поділити на три класи:

- рідке теплоізоляційне покриття з мікросферами кераміки, яке в початковому стані має вигляд акрилової фарби;
- рідкий утеплювач в балонах, який наноситься пістолетом-пульверизатором і збільшується в об'ємах через короткий проміжок часу;
- ековата з натуральних волокон, для якої нанесення на поверхню використовується промисловий пілосос [11].

Всі ці категорії теплоізоляційних матеріалів – рідкі, але мають у своєму складі різні наповнювачі (полімери). Саме наповнювачі впливають на технічні та експлуатаційні властивості: спосіб нанесення, час затвердіння, коефіцієнт розбухання, твердість, опір навантаження, пружність, рівень водопоглинання, звукоізоляцію. Для нанесення ізоляції на поверхню використовують

пультверизатор, пензлик або іншим спеціальним обладнанням. Після нанесення відбувається реакція з повітрям, піна набуває пористу структуру і твердне.

1.4 Теплоізоляційне покриття з мікросферами кераміки

До першого виду входить рідка теплоізоляція, що має у своєму складі пустотілі мікросфери кераміки (рис. 1.2, а), скляні або алюмосилікатні мікросфери, які рівномірно розподіляються на поверхні і забезпечують покриттю міцність та пожегобезпечність. Маленькі керамічні кульки заповнені всередині інертним газом і мають розмір близько 50 мкм, що зв'язується акриловим сполучним полімером [12]. Теплоізоляційне покриття Керамоізол працює по принципу «відбиття» тепла всередину, тому відображає майже весь потік теплових променів. Керамічні мікросфери при нанесенні на поверхню рівномірно розподіляються і утворюють вакуумний прошарок, який сприяє високій теплоізоляції матеріалу. Матеріал відображає до 70% падаючих променів.

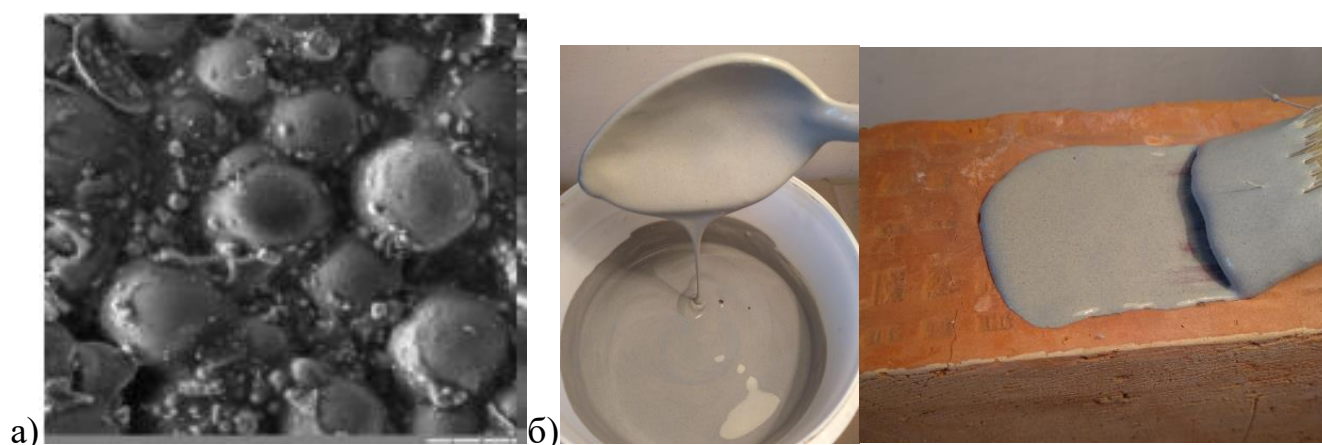


Рисунок 1.2 – Рідка керамічна теплоізоляція

а) мікрофотографія керамічних мікросфер в акриловій композиції [13]; б) зовнішній вигляд рідкої теплоізоляції

На вигляд рідка теплоізоляція – це густа маса сірого кольору, (рис. 1.2, б) яка схожа за консистенцією на звичайну акрилову фарбу. Наноситься на поверхню пензликом, валиком чи краскопульттом з діаметром сопла не менше 0,75

мм. Поверхня має бути сухою, очищеною від бруді і пилу, виробники рекомендують попередньо прогрунтувати ізолюючу поверхню. Теплоізоляційне покриття Керамоізол наноситься на будь-яку поверхню: бетон, залізобетон, цеглу, метал, скло, дерево, гуму . Простота і легкість нанесення матеріалу на поверхню гарантує якісну теплоізоляцію навіть у важкодоступних місцях (рис.1.3). Температура поверхні при нанесенні рідкої теплоізоляції на поверхню повинна бути не менше +5 і не вище +90 °С. Товщина шару становить від 0,3 до 0,5 мм. Один шар матеріалу повністю висихає при температурі +22°С за 24 години. Витрата матеріалу при нанесенні в 1 шар становить 1літр матеріалу на 1м² при товщині покриття 1,0 мм, тобто при 2 разовому покритті [14].



Рисунок 1.3 – Приклади використання рідкої теплоізоляції в промисловості і будівництві [15]

Транспортувати її потрібно в щільно закритій упаковці, і зберігати у спеціально відведеному приміщенні на відстані не менше 1 м від обігрівальних приладів, з дотриманням температурного режиму від +5 °С до +40 °С. На

відкритому повітрі композиція полімеризується в продовж 24 годин і втрачає свої експлуатаційні характеристики. Також, не дозволяється зберігати матеріал при мінусовій температурі, оскільки втрачаються теплоізоляційні властивості.

Використовується для теплоізоляції стін, підвалу, даху, промислових і житлових приміщень. Санітарно-гігієнічні вимоги допускають використовувати для внутрішнього влаштування, а стійкість до зовнішнього середовища і ультрафіолетового випромінювання дозволяє використовувати як фасадне утеплення. Має широке застосування теплоізоляції трубопроводів, котлів, бойлерів, бочок, цистерн, тар для транспортування і зберігання різноманітних рідин, в тому числі і харчових. Облаштовується для економії енергії в холодильному обладнанні.

Після нанесення матеріалу на поверхні утворюється захисна плівка, яка пропускає молекули повітря, але не пропускає молекули води, що створює гідроізоляційний захист (рис 1.4). Покриття має паропроникність не більше 0,02 мг (мхгодхПа), а відсоток водопоглинання по масі впродовж 24 годин не більше 15.

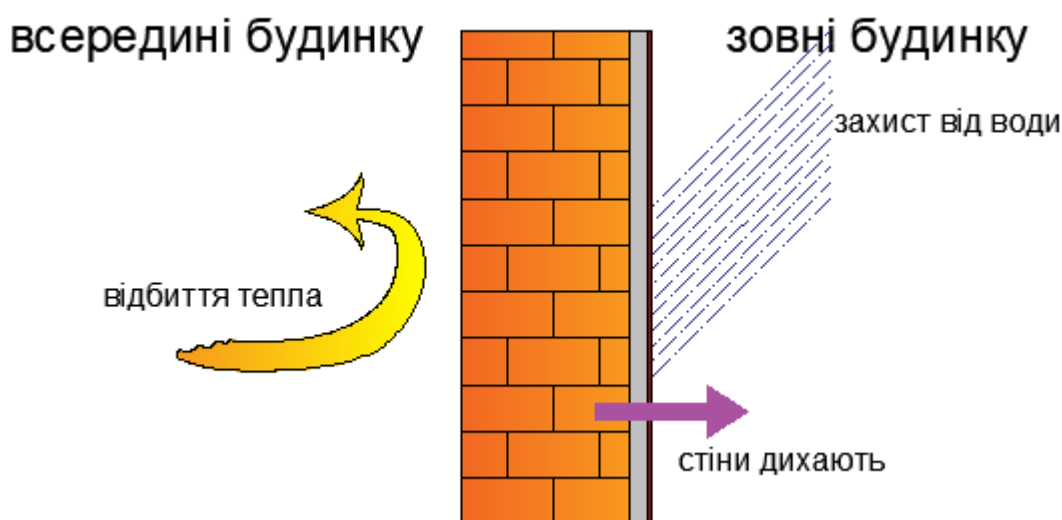


Рисунок 1.4 – Теплоізоляційне покриття Керамоізол

Рідка керамічна теплоізоляція володіє низькою теплопровідністю 0,0025 Вт/мх°С, ° і високими звукопоглинаючими характеристиками. Має високу стійкість до ультрафіолетового випромінювання, не піддається гниттю,

поширенню цвілі і грибка. Володіє високою адгезією: не менше – 0,6 МПа до сталі і до бетону – 1,0 МПа. Завдяки хорошим адгезійним властивостям використовують рідку теплоізоляцію і як антикорозійне покриття. Захисний шар термофарби захистить поверхню від води, вологи, і холодного повітря, це не допустить утворенню іржі і корозії. Область робочих температур від -50 до +220 °С. Міцність при розриві становить 0,85 МПа. Підвищену пожежну безпеку, матеріал є негорючим. Термін експлуатації матеріалу при зовнішньому застосуванні понад 20 років.

Великою перевагою рідкої керамічної ізоляції є мала товщина теплоізоляційного шару, в порівнянні з мінеральною ватою чи пінополістиролом. Використання такого матеріалу не зменшить корисної площі і не створює додаткового навантаження на стіни. Також простота нанесення на поверхню будь-якої конфігурації і матеріалу, створює попит на рідке теплоізоляцію. Термофарба стійка до перепаду температур, тому не буде утворюватися конденсат і розвитку грибка. Екологічність рідкої теплоізоляції дозволяє використання в приміщеннях постійного перебування людей, адже вона не виділяє жодних токсичних сполук навіть під дією високих температур.

Умовно рідке теплоізоляційне покриття поділяють на дві категорії.

1. За складом: водна або акрилова основа.
2. За сферою застосування: для внутрішнього застосування, для труб чи фасадів, тільки для зовнішнього нанесення [16].

1.5 Застосування і характеристики і пінополіуретану

До другої категорії рідких утеплювачів відносять рідкий утеплювач в балонах: піноізол і пінополіуретан. Такий вид утеплювача отримують шляхом спінювання і подальшої полімеризації на утеплювальні поверхні. Процес отримання робочої суміші безпосередньо на об'єкті утеплення. Матеріал доставляють в рідкому вигляді і під тиском наноситься на поверхню пульверизатором-пістолетом чи іншим пневматичним обладнанням [17, 18].

Пінополіуретаном (ППУ, поліуретанова піна) називають синтетичний пористий матеріал на основі поліуретану. За хімічним складом – це пластмаса, отримана під час термореактивної хімічної реакції, що на 5-10% складається з твердого полімеру, а інші решту 90% – інертні гази. В залежності від видів компонентів в складі пінополіуретану і їх пропорцій, матеріал поділяють на легкий – відкритопористий, і жорсткий – закритопористий (рис. 1.5)

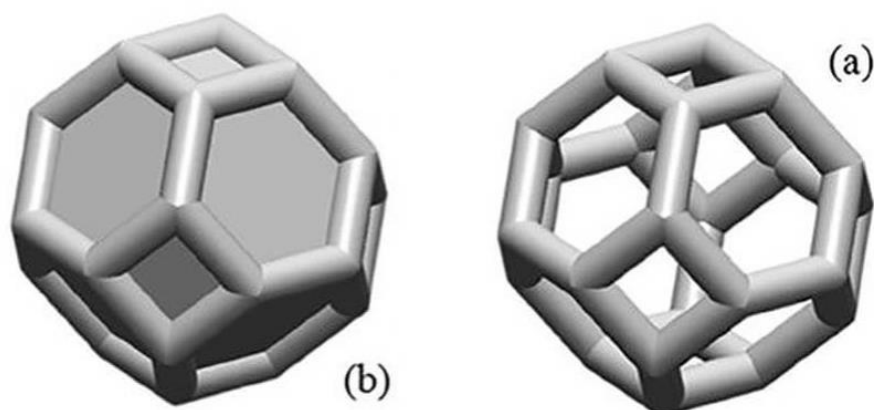


Рисунок 1.5– Різновиди структури пінополіуретану [19]

а) відкритопористий – легкий, б) закритопористий – жорсткий

Легкий пінополіуретан, більш відомий як поролон – це полімер з відкритою структурою комірок, що наповнені CO_2 , який відповідає за спінення ППУ. Такий матеріал має високі звукоізоляційні й еластичні властивості. Застосовується для виготовлення матраців, м'яких меблів, спортивного інвентарю, іграшок, автомобільній, текстильній, взуттєвій промисловості. В будівництві застосовується як акустичний матеріал в звукозаписувальних студіях, кінотеатрах, розважальних центрах.

Жорсткий пінополіуретан – це полімер з жорстко пов'язаною структурою комірок, які наповнені фреоном, теплопровідність якого нижча ніж у повітря. Закритопористий пінополіуретан має високу міцність і твердість, малу вагу, низьку паро- і теплопровідність. Завдяки таким властивостям його використовують для утеплення конструкцій і споруд, труб, цистерн, ангарів,

холодильних камер і транспорту [20]. Порівняння характеристик жорсткого і легкого пінополіуретану подано в таблиці 1.1

Таблиця.1.1 Порівняння характеристик легкого і жорсткого пінополіуретану

Технічні характеристики матеріалу	Легкий ППУ	Жорсткий ППУ
Коефіцієнт теплопровідності	0,030-0,035 Вт/м*°С	0.019-0,030 Вт/м*°С
Густина	10-15 кг/м ³	25-80 кг/м ³ .
Кількість закритих комірок, %	Менше 50	Більше 92
Розширення піни в порівнянні з початковим розміром	100:1	30:1
Паропроникність, мг/(мхгодхПа)	0,06-0,08	0,02-0,05
Водопоглинання, %	15-100	1-3
Гідроізоляційні властивості	Ні	Так
Звукоізоляція	Висока	Добра
Зовнішнє / внутрішнє утеплення	Тільки внутрішня	Зовнішня, внутрішня

Також пінополіуретан термостійкий, легкий, зберігає первинну форму, має хімічну стійкість, не гниє і не пліснявіє, стійкий до кислотних і лужних середовищ. Термін експлуатації пінополіуретану 20..30 років, що дає можливість застосовувати матеріал для ремонту і ізоляції трубопроводі[21]. Безшовність утеплювача дозволяє уникати холодного повітря, що є причиною відсутності конденсату. Проте пінополіуретанова піна потребує захисту від УФ-випромінювання, після затвердіння можна покривати фарбою на водні основі.

Поліуретан має високу адгезію і легко наноситься на різні типи поверхонь: бетон, залізобетон, цегла, дерево, метал, скло, кераміку. Така властивість дозволяє наносити матеріал методом напилення. Напилення жорсткого ППУ застосовують при утепленні фасадів будівель, виготовленні холодильного і морозильного обладнання. Легкий поліуретан виготовляють методом заливки у форми, і фасують листами чи рулонами. Жорсткий ППУ заливають при виготовленні

фасадних і облицювальних термопанелей, сендвіч-панелей, виробів для утеплення трубопроводів [22].

Основними компонентами пінополіуретану є – поліол «А» й ізоціонат «Б» (рис.1.6) . До складу поліольного компонента « А» входять полііоли, каталізатори, стабілізатори, спінювач і антипірени. В результаті реакції компонентів «А» і «Б» через 2..4 с отримують готову суміш для напилення. [23]

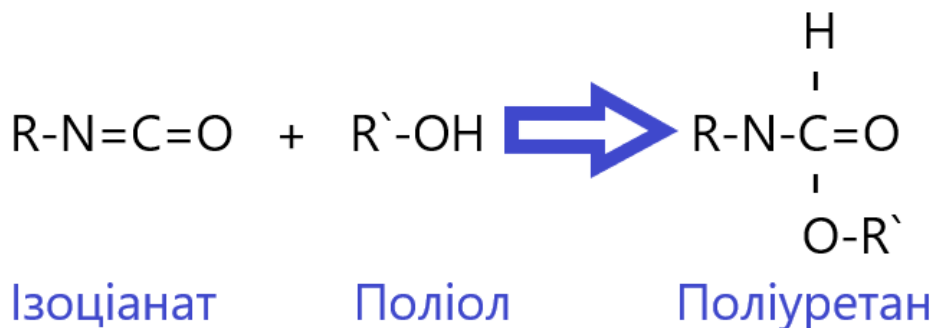


Рисунок 1.6 – Хімічна реакція, в результаті якої утворюється поліуретан [24]

До початку напилення компоненти «А» і «Б» знаходяться в роздільних ємностях. Від компресора в ці ємності під тиском 20..50 кПа подається повітря. Далі компоненти подаються до проточних нагрівача в шлангах низького тиску і нагріваються до температури 80..90 °С. Підігріті компоненти через шланги високого тиску поступають до пістолета-змішувача, де змішуються і розпорошуються на робочу поверхню[25,26].

Поверхня має мати температуру близько 20 °С, хоча є композиції, які розпилюють при 5 °С. Пористі поверхні рекомендується зволожити, оскільки піна розширюється під дією вологи і це забезпечить більш швидке затвердіння піни. Оцинкований метал і профільний лист ретельно знежирити перед нанесенням ППУ. Температура балона під час використання +18...+25 °С. Напилення відбувається пошарово, товщина 1 шару при нанесенні не більше 2 см, тримати пістолет на відстані 40 см від поверхні (рис 1.7). Варто робити технологічну перерву між нанесеннями шарів 30 хв, для розширення матеріалу і утворення піни. Поверхнєве висихання матеріалу 5 хв, час розширення 11 хв.

Зберігати і транспортувати фасовані балони з ППУ у вертикальному положенні, при температурі $+5...+30$ °С. Аерозольний балон забороняється зберігати при температурі вище $+50$ °С, уникати попадання прямого сонячного світла і місць біля джерел тепла [27].



Рисунок 1.7 – Приклади утеплення пінополіуретановою піною, [28]

1.6 Аналіз результатів відомих досліджень за темою роботи і формулювання задач для власних досліджень

Проаналізовано результати досліджень теплоізоляційних властивостей, їх технічних характеристик та технологічних влаштування матеріалу на ізолюючу поверхню. Серед великої кількості продукції матеріалів для підвищення енергоефективності будівлі було обрано 2 представники рідкої теплоізоляції: теплоізоляційне покриття Керамоізол та – пінополіуретанова піна. Спільного між цими матеріалами, окрім технічних характеристик – є легкість монтажу і

безшовність конструкції. Відмінними є принцип дії та спосіб нанесення: для керамоізолу– пензлик, для ППУ– пневматичне обладнання.

За результатами аналізу відомих досліджень сформульовані такі задачі, які потрібно вирішити в процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

- вибрати 2 види сучасного рідкого теплоізоляційного матеріалу для досліджень;
- вибрати конфігурацію та геометричні розміри дослідних зразків;
- вибрати спосіб нанесення;
- визначити теплопровідність зразків при 1, 2, 3, 4 і 5 шарах термофарби.
- порівняти теплоізоляційні властивості вибраних матеріалів і класичні теплоізоляційні матеріали;
- проаналізувати отримані результати, виконати їх оптимізацію і надати рекомендації щодо практичного застосування досліджуваних матеріалів.

1.7 Висновок до першого розділу

За результатами огляду літератури виявлено, що забезпечення високого рівня енергоефективності будівель в основному використовують тверді теплоізоляційні матеріали: пінополістирол екструдований і безпресований, мінеральну і кам'яну вати та інші. Це ускладнює, а дуже часто і унеможлиблює теплоізолювання в існуючих будівлях (підземна частина, цокольний поверх). При утепленні класичні теплоізоляційні не завжди можуть забезпечити якісну теплоізоляцію через складність геометричних форм об'єкта, а також вимагають трудозатратність при влаштуванні і монтажі.

Сформульовано задачі для власних досліджень, пріоритетом, в яких є використання рідкі теплоізоляційних матеріалів, на прикладі тонкошарового теплоізоляційного покриття Керамоізол і пінополіуретанової піни, які розширюють технологічні можливості їх застосування і зменшують матеріальні та трудові затрати при цьому.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ

2.1 Нормативні документи з визначення з визначення теплоізоляційних властивостей матеріалів та конструкцій.

Вимоги до теплотехнічних показників та оцінювання критеріїв енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій встановлює ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель», чинний від 01.05.2017 року. Норми цього документу поширюються на:

- проектування будівель, що опалюються, кондиціонуються та охолоджуються;
- нові будівлі і споруди;
- реконструкцію;
- капітальний ремонт;
- термомодернізацію при складанні енергетичного паспорта;
- оцінювання енергетичних показників при визначенні витрат паливно-енергетичного ресурсу для опалення, охолодження, освітлення та іншого[3].

Одним із головних нормативних документів, що регламентує норми визначення коефіцієнта теплопровідності матеріалів, є ДСТУ Б В.2.7-105-2000 Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі [29]. Даний документ встановлює вимоги щодо зразків, приладу і його градування. Це стандарт встановлює методи визначення ефективності теплопровідності і термічного опору при середній температурі -40°C до $+200^{\circ}\text{C}$ для:

- будівельних матеріалів і виробів;
- виробів для теплоізоляції промислового обладнання і трубопроводів.

Даний метод визначення теплопровідності полягає у створенні стаціонарного теплового потоку, промені якого проходять крізь плоский зразок відомої товщини. Промені теплового потоку повинні проходити перпендикулярно крізь

найбільшу сторону зразка, у випадку цегли це лицьові грані. При цьому вимірюється густина цього теплового потоку, а також температуру протилежних лицьових даних і товщину зразка.

Густина теплового потоку (питомий тепловий потік) – кількість теплоти, яка проходить через одиницю поверхні за одиницю часу, формула (2.1). Зміна температури в стіні залежить від товщини конструкції δ , м і від коефіцієнта теплопровідності кладки λ , Вт/(м² ·град).

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_{si} - \tau_{se}), \text{Вт/ м}^2 \quad (2.1)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності Вт/мхград ;

δ - товщина зразка, м;

τ_{si} -показник верхнього термометра;

τ_{se} -показник нижнього термометра;

2.2 Підготовка матеріалів для проведення дослідів

Для визначення теплопровідності рідкої керамічної теплоізоляції вибрано теплоізоляційне покриття Керамоізол. Дане покриття використовується для теплоізоляції, гідроізоляції та звукоізоляції різних видів приміщень: житлових, виробничих, промислових. Наноситься на будь-які типи поверхонь: бетон, цегла, метал, дерево. В складі цього матеріалу є керамічні мікросфери розміром до 50 мкм. Мікросфери всередині заповнені інертним газом.

Необхідно підготувати поверхню до нанесення, очистити від бруду, пилу, іржі. Гіроскопічні поверхні типу бетон, цегла, штукатурка необхідно трохи зволожити водою або підгрунтувати акриловою ґрунтовою фарбою. При нанесенні на стару штукатурку – обробити ґрунтовкою глибокого проникнення. Металеві поверхні необхідно обезжирити та нанести ґрунтовку марки ГФ або ПФ.

Перед використанням керамоізол потрібно ретельно перемішати дерев'яною мішалкою поступальними рухами або електричним дрелом на малих оборотах, до 250 об/хв, робоча консистенція зображена на рис.2.1. Під час зберігання Керамоізол може розшаруватися на три шари, тому перед нанесенням його необхідно ретельно перемішати до однорідної маси. При необхідності можна додати води, але не більше 5 % від загальної маси продукту. Для колорування рідкої керамічної теплоізоляції можна додати барвник для акрилових фарб. Наносити теплоізоляційне покриття можна пензликом, шпателем або розпилювачем тонким шаром не більше 0,5 мм. Температура поверхні повинна бути від +5 до +90 °С. Наступний шар можна наносити через 24 години при температурі вище +20°С.

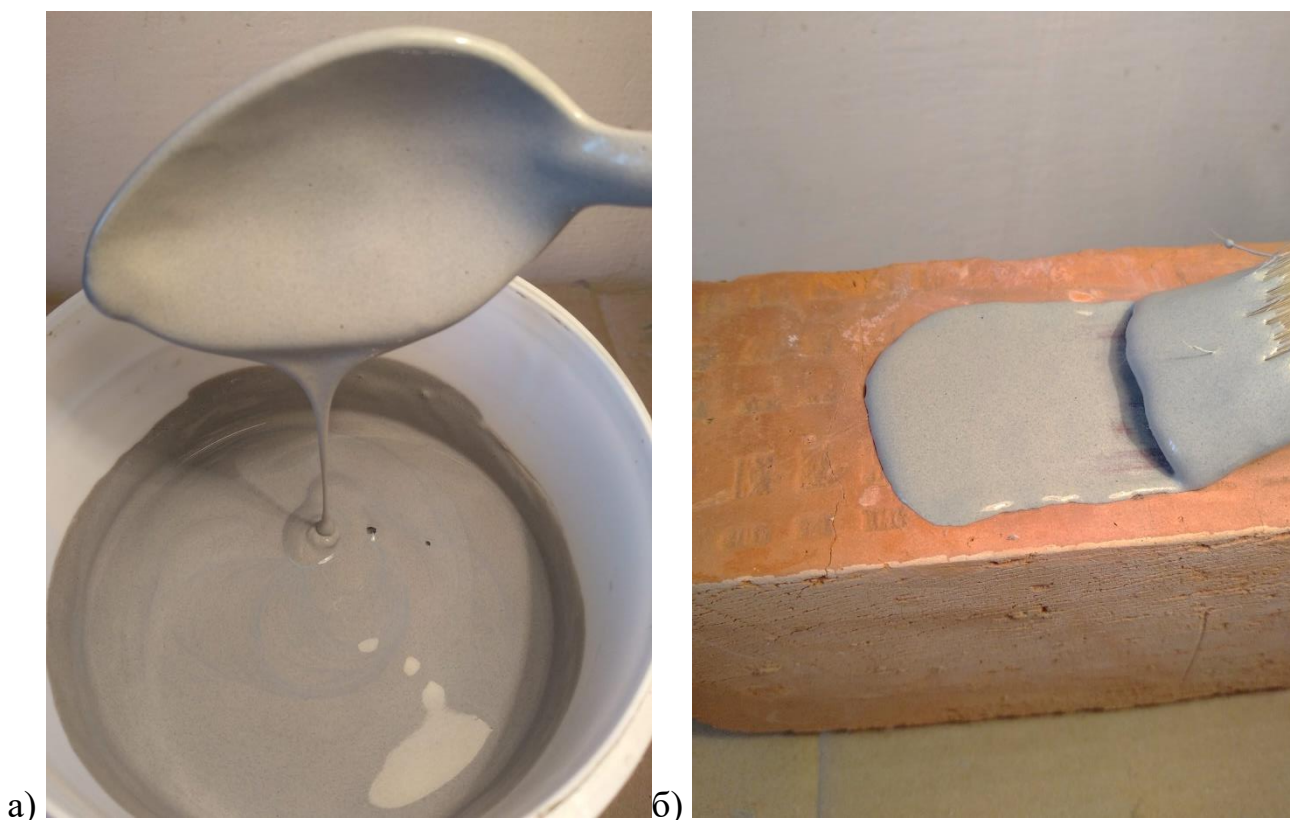


Рисунок 2.1– Зовнішній вигляд Керамоізолу

а) робоча консистенція перед нанесенням; б) нанесення пензликом на ложок цегли

Для визначення коефіцієнта теплопровідності наплювальної теплоізоляції використано пінополіуретановий утеплювач PENOSIL (рис.2.2) .Призначається такий матеріал для утеплення важкодоступних та геометрично складних

поверхонь. Товщина напилювального шару 20-30 мм, температура застосування +20...+30°C



Рисунок 2.2 – Теплоізоляційні матеріали для дослідження Керамоізол (банка) і пінополіуретан (балон)

Даний тип покриття наноситься на поверхню за допомогою пістолета розпилювача і спеціальної насадки для пістолет «вухка». Напилюється пінополіуретан на відстані 30-40 см від поверхні, час поверхневого висихання 5 хв, час повної полімеризації 60 хв. Наступний шар можна наносити через 30 хв після першого нанесення. Перед використанням балон потрібно потрясти балоном, близько 20 раз. Видалити кришку з хреста і накрутити пістолет для монтажною піни. Надягаємо насадку «вухка» паралельно землі. Під час роботи балон періодично струшуємо. Напилюємо шар піни не більше 2 см, як на рис. 2.3.

Поверхня для повинна бути чистою, без пилу і бруду, масних плям, Пористі поверхні варто трошки зволожити, металеві поверхні потрібно обезжирити. Затверділу піну потрібно захистити від ультрафіолетових променів, наприклад фарбою на водній основі.



Рисунок 2.3 – Приклад нанесення пінополіуретану в балончиках за допомогою пістолету для монтажної піни [30]

Для визначення теплопровідності комбінації матеріалів цегли, покритої пінополіуретаном товщиною: 5 мм, 10 мм, 15 мм, 20 мм, 25 мм, 30 мм, готуємо 6 зразків. Піну наносимо на ложок цегли. Для цього з картону готуємо опалубку на кожну цеглу, далі напильюємо шар піни довільної товщини. Після затвердіння піни і повної полімеризації, знімаємо опалубку, відміряємо потрібний шар піни і зрізаємо зайве (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Підготовка зразків з комбінації матеріалів цегла і пінополіуретан для вимірювання теплопровідності конструкції



Рисунок 2.5 – Зразки для вимірювань теплопровідності в залежності від різної товщини (зліва на право) 30 мм, 25 мм, 20 мм, 15 мм, 10 мм, 5мм відповідно

Для досліду також потрібно бетонний прямокутний паралелепіпед розміром 2500x120x65 мм,(рис.2.7), розмір стандартної цегли. Для виготовлення даного зразка потрібна опалубка відповідного розміру, зображення на рис. 2.6.

Склад бетону:

- цемент М-400 800 г;
- пісок 1700 г;
- щебінь фракції 10-20, 1400 г;
- вода 500 мл.

Для порівняння теплоізоляційних властивостей класичних теплоізоляційних матеріалів вибрано пінополістирол. З листа пінополістиролу товщиною 100 мм вирізаємо потрібний розмір 2500x120x65 мм, зображений на рис. 2.8. За допомогою опалубки такого ж розміру напилюємо пінополіуретанову піну (рис.2.8). Зразки розміром 2500x120x65 мм зображені на рис.2.9.



Рисунок 2.6 – Опалубка для виготовлення бетонного зразка

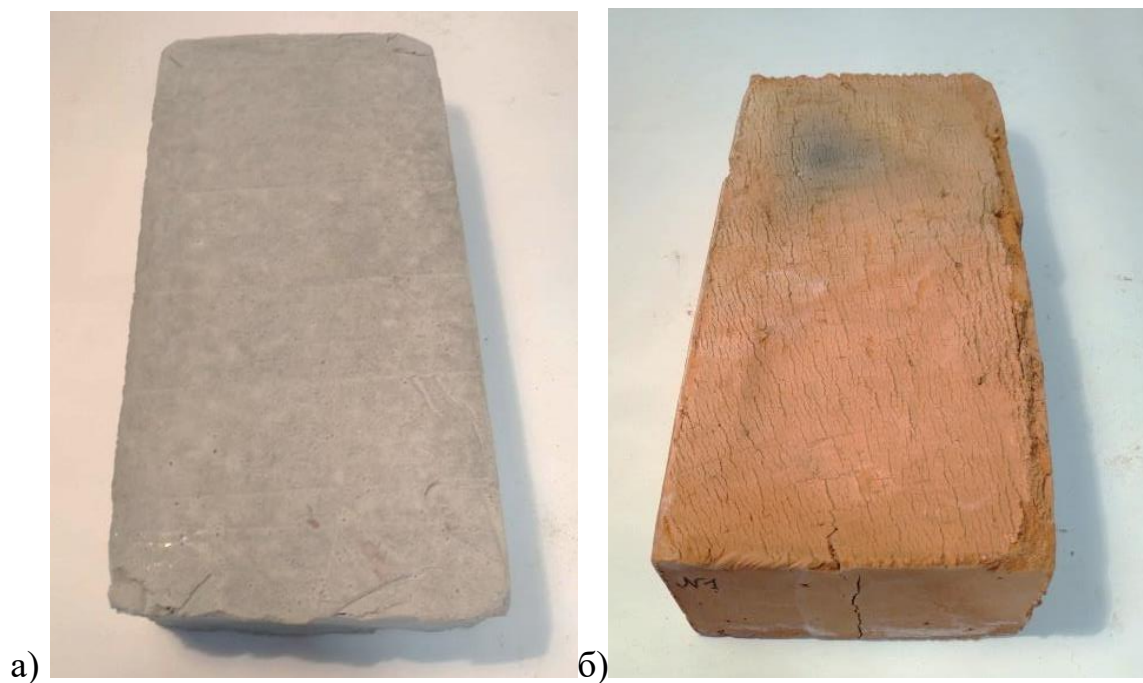


Рисунок 2.7 – Зразки для визначення теплопровідності:

а) бетон; б) цегла керамічна повнотіла;

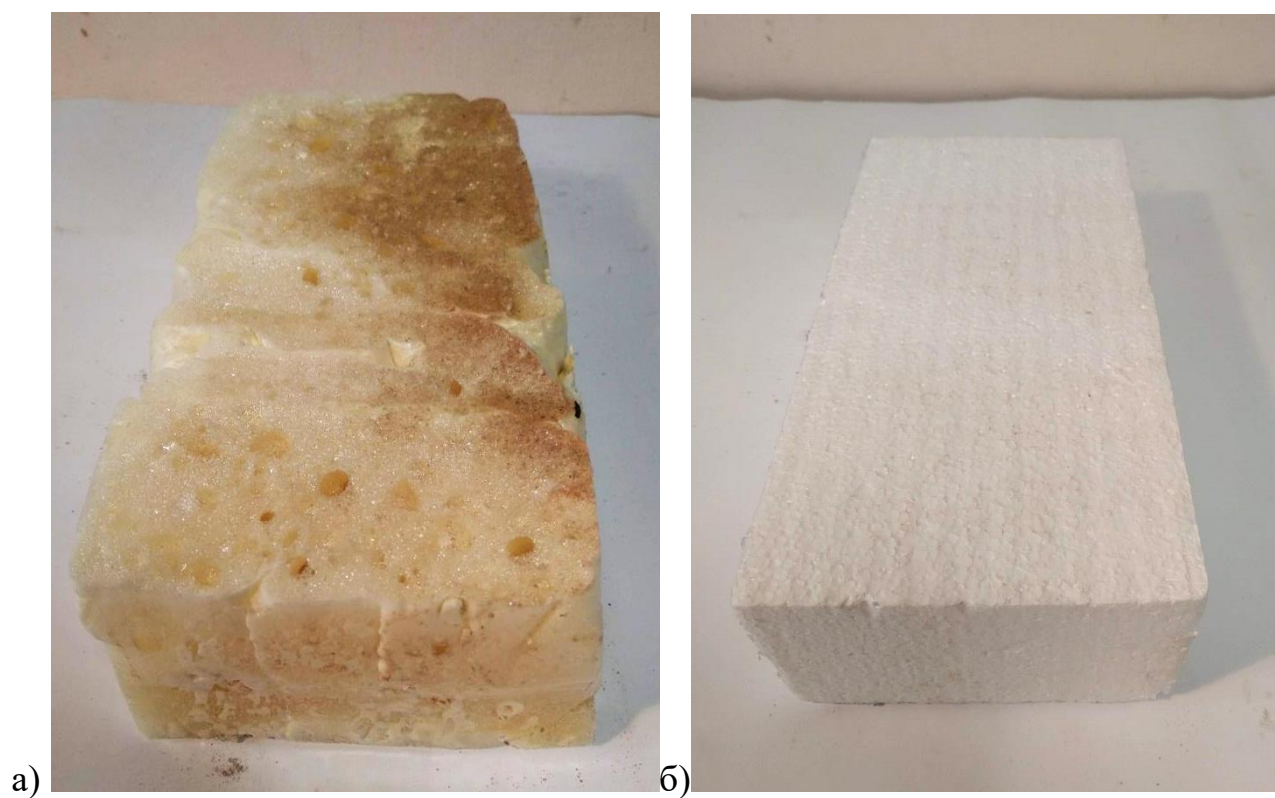


Рисунок 2.8 – Сучасні теплоізоляційні матеріали

а) зразок пінополіуретану; б) зразок пінополістиролу



Рисунок 2.9 – Зразки для досліджень: цегла повнотіла , бетон, пінополіуретан, пінополістирол.

2.3 Конструктивні особливості установки для визначення коефіцієнту теплопровідності

Призначенням використаної установки є вимірювання коефіцієнту теплопровідності. Конструкція приладу розроблена на підставі теоретичних основ теплотехнічних досліджень, як проводилися методом пластини [31] а також з дотриманням нормативних вимог [32].

Прилад, зображений на рис.2.10 застосовується для визначення теплопровідності класичних стінових будівельних матеріалів, такі як цегла. Конструкція установки дозволяє встановлення лише зразків розміром 2500x120x65 мм, з невеликим допуском на влаштування дослідних теплоізоляційних матеріалів на власне цеглу, тому передбачено, ще 30 мм, наприклад для влаштування штукатурки. Конструкція установки передбачає, що тепловий потік проходить від куту 90°, через ложок цегли з розмірами 250x65

мм. Саме так тепло проходить через зовнішні огорожувальні конструкції в будівлях при реальних умовах експлуатації. Окрім цегли установка може проводити вимірювання і інших стінових матеріалів, основною умовою є їх розмір – прямокутний паралелепіпед 2500x120x65 мм. Тому всі зразки матеріалів, які досліджуються в цій роботі піддаються уніфікації розмірів цегли.

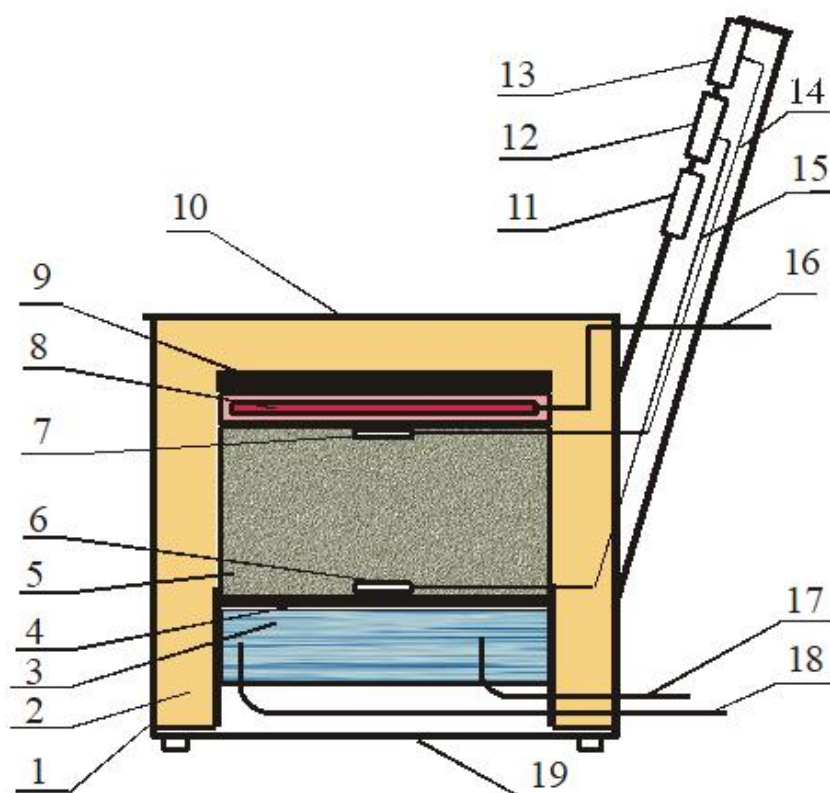


Рисунок 2.10 – Конструкція приладу для експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів (осьовий переріз)

- 1 – металева оболонка; 2 – теплоізоляційний кожух; 3 – охолоджувач; 4 – контактна плита;
 5 – зразок; 6 – нижній термодавач; 7 – верхній термодавач; 8 – нагрівник; 9 – притискач;
 10 – верхня кришка; 11 – таймер; 12 – цифровий пристрій нижнього термодавача ;
 13 – цифровий пристрій верхнього термодавача; 14, 15 – провідники від термодавачів;
 16 – мережевий шнур живлення; 17, 18 – напірний і зливний патрубки охолоджувача;
 19 – нижня кришка

Установка складається з металевої оболонки, що служить каркасом приладу 1, внутрішні порожнини стінок заповненні теплоізоляційним кожухом 2, в цьому випадку мінеральною ватою. Для забезпечення стабільної температури контактної плити 4 в нижній частині установки знаходиться рідинний охолоджувач 3.

Дослідний зразок 5 розміщують на контактній плиті. До його нижньої лицьової грані закріплюють термомір 6. Він передаватиме температуру від «зовнішньої сторони стіни». До верхньої лицьової грані прикріплюють термомір 7, це – «внутрішня сторона стіни». Також на верхню лицьову грань ставлять нагрівник 8. Нагрівник 8 має таку конструкцію, що нижня його частина у вигляді контактної площадки з розміром 250х65 мм, що відповідає параметрам досліджуваного зразка, а верхня частина має вигляд масивної сталевий плити 9 з товщиною 6 мм. Це зроблено для того, щоб забезпечити постійний контакт зусиль між нагрівником і верхньою лицьовою поверхнею зразка. Для встановлення зразка спершу виймають верхню кришку 10, потім верхню частину ізоляційного кожуха 2 і нагрівник 8. Детально установку зображено на рис. 2.11, 2.12.

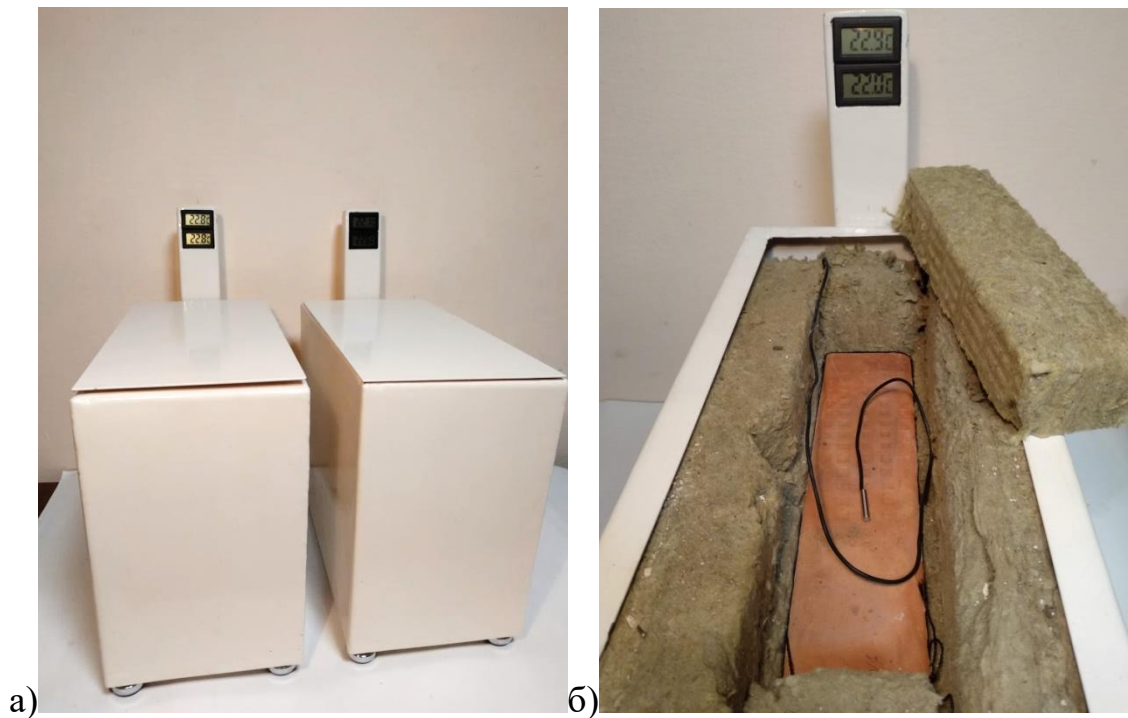


Рисунок 2.11 – Фото приладу для експериментального вимірювання коефіцієнту теплопровідності:

а) установка під час проведення досліджень; б) установка з цеглою всередині



Рисунок 2.12 – Фото приладу для експериментального вимірювання коефіцієнту теплопровідності

а) установка з відкритою кришкою; б) термометри установки

2.4 Методика виконання експериментальних досліджень

Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів виконано з дотриманням методичних особливостей згідно ДСТУ Б В.2.7-105-2000 Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі [29].

Перед тим як розпочати експериментальні вимірювання, слід оглянути установку для вимірювання на наявність видимих пошкоджень. Візуально оглянути цілісність електричних проводів, слідів пошкоджень конструкції. Перевірити справність показників тепломірів, перед ввімкненням тепломірів повинні відповідати показникам термометра про температуру приміщення, де проводиться дослід.

За показами кімнатного термометра і гігрометра визначити температурно-вологісний режим в приміщенні й порівняти їх з нормативними вимогами

Зразок повинен бути чітко встановленого розміру у формі прямокутного паралелепіпеда, найбільші лицьові грані утворюють форму квадрата зі сторонами, які рівні сторони робочих поверхонь плит.

Товщину зразка паралелепіпеда вимірюють штангенциркулем у чотирьох кутах на відстані $(50,0 \pm 5,0)$ мм від вершини кута і посередині кожної сторони, ці дані фіксуються в протоколі. Довжину і ширину зразка у плані вимірюють лінійкою. Штангенциркуль повинен мати похибку не більше 0,1 мм, лінійка похибку не більше 0,5 мм. За товщину зразка приймають середньо-арифметичне значення результатів усіх вимірювань.

Перед застосування зразка, його висушують до постійної маси при постійній температурі рекомендовані для даного матеріалу нормативними документами. Висушеним зразком вважають той матеріал, чия маса після чергового висушування протягом 30 хв, не перевищує 0,1 %. Одразу після сушіння визначають масу зразка і його густину.

Зразок в приладі розміщують вертикально, щоб напрямок теплового потоку був знизу ввверх.

Визначаємо густину теплового потоку приладу за допомогою еталонних зразків. Не зважаючи на наявність теплоізоляційного кожуха в дослідній установці, під час нагрівання приладу нагрівником певна кількість тепла затрачається на підігрів частин приладу і навколишнє середовище. Тому зазвичай густину теплового потоку визначають за еталонними зразками з відомим коефіцієнтом теплопередачі (2.2)

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_{si} - \tau_{se}), \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} . \quad (2.2)$$

Раніше вимірний еталонний зразок ставлять в прилад і вмикають живлення. Через кожні 300 с записують показники нижнього і верхнього термометра. Вимірювання проводиться аж до встановлення стаціонарного теплового потоку. Тоді до моменту, коли показники зафіксують 5 послідовних

вимірювань з різницею не більше 1% між собою, також показники обох термометрів не повинні зростати чи спадати монотонно.

Після встановлення стаціонарного теплового потоку визначають його густину, враховуючи температуру за показами тепломірів [29].

Забезпечивши стабільною температурою в охолоджувачі прокачуванням термостатної рідини, виконують дослідження теплопровідності зразків з невідомими теплотехнічними характеристиками в тій же послідовності. Значення коефіцієнта теплопровідності λ для досліджуваного матеріалу визначають за залежністю, отриманою з формули (2.3), а саме

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{si} - \tau_{se}}, \text{ Вт/м} \cdot \text{град.} \quad (2.3)$$

Визначають термічний опір зразка за наведеною залежністю (2.4), а саме:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт} . \quad (2.4)$$

Визначають геометричні розміри зразка, його масу, вологість та інші характеристики і заносять їх значення в протокол експериментальних досліджень.

Будують графік передачі теплового потоку через зразок для стаціонарного теплового режиму [33].

Роблять висновки за результатами досліджень.

2.5 Висновки за другим розділом

Методичною основою для проведення дослідження теплопровідності будівельних матеріалів є вимоги чинної нормативно-технічної документації та досвід проведення подібних експериментів попередніх авторів. Це дає розуміння цілісності процесу, можливість отримання достовірних даних, а також дозволяє

порівняти теплотехнічні характеристики матеріалів, які були описані в літературному огляді.

Під час підготовки матеріалів для проведення експерименту виготовлено:

- 2 зразки бетону формату прямокутного паралелепіпеда розміром 2500x120x65 мм;
- 6 зразків цегли в поєднанні з напиленням пінополіуретанової піни різної товщини;
- цеглу покриту 1 шаром керамоізолу;

В подальшому після вимірювання коефіцієнта теплопровідності одного шару наносять наступний шар, з врахуванням технологічних особливостей матеріалу.

Для визначення густини теплового потоку q установки, виконують тарування установки еталонним зразком повнотілої керамічної цегли попередньо висушеної до відсутності втрати маси. Таку цеглу попередньо досліджують на сертифікованому приладі й визначено її коефіцієнт теплопровідності та термічний опір.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕХНІКО-КОНСТРУКТИВНИХ ПАРОМЕТРІВ МАТЕРІАЛІВ

3.1 Тарування приладу для теплотехнічних досліджень будівельних матеріалів

Для дослідження теплотехнічних характеристик будівельних матеріалів, зокрема коефіцієнта теплопровідності (ефективної теплопровідності) матеріалу і термічного опору зразка, згідно чинних нормативних вимог [29] виконано тарування приладу. Для тарування вибрано керамічну цеглу повнотілу (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Зразок для тарування приладу

Експериментальну частину досліджень виконано згідно методики, описаної в п. 2.4.

Результати тарування подано у вигляді Протоколу №1 (додаток А).

За показами кімнатного термометра і гігromетра визначено температурно-вологісний режим в приміщенні й виявлено його узгодження з нормативними вимогами (див. п. 2.1).

Визначено метрологічні показники зразка і занотовано в протокол №1 дослідження.

Для тарування приладу застосували повнотілу керамічну цеглу стандартних розмірів (див. протокол №1 тарування приладу). Дана цегла попередньо була досліджена на сертифікованому вимірювачі теплопровідності мод. ИТП-МГ4 (інв. № 271521) в Тернопільському регіональному центрі стандартизації і метрології. Перед початком теплотехнічних досліджень зразок керамічної повнотілої цегли висушили до припинення втрати маси (рис.3.2). Це дозволить використовувати збережений зразок як еталон, теплопровідність матеріалу становить $\lambda=0,522$ Вт/мхград .

Завдяки відомому значенню коефіцієнта теплопровідності еталонного зразка визначаємо густину теплового потоку, яку має наша установка. Для цього застосовуємо формулу (3.1):

$$q = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_{si} - \tau_{se}), \text{Вт/м}^2 ; \quad (3.1)$$

Раніше вимірний еталонний зразок ставлять в прилад і вмикають живлення. Через кожні 20 хв записують показники нижнього і верхнього термометра. Вимірювання проводиться аж до встановлення стаціонарного теплового потоку. Тоді до моменту, коли показники зафіксують 5 послідовних вимірювань з різницею не більше 1% між собою, також показники обох термометрів не повинні зростати чи спадати монотонно.

Після встановлення стаціонарного теплового потоку визначають густину зразка, враховуючи температуру за показами тепломірів.

За результатами досліджень еталонного зразка температура при встановленому стаціонарному тепловому потоці:

- на верхньому тепломірі $\tau_{si} = 62,3$ °С;
- на нижньому тепломірі $\tau_{se} = 40,0$ °С;
- температурний градієнт $\Delta\tau = 22,3$ °С.

За відомим значенням коефіцієнта теплопровідності матеріалу еталонної цегли $\lambda = 0,522$ Вт/мхград та товщиною зразка $\delta = 119,5$ мм за залежністю (3.1) отримано густину теплового потоку q , яку формує даний прилад:

$$q = \frac{0,522}{119,5 \times 10^{-3}} (62,3 - 40,0) = 97,4 \text{ Вт/м}^2;$$

Визначено термічний опір зразка за вище наведеною залежністю (2.4), а саме:

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \times \text{град/Вт};$$

З врахуванням визначених вище значень величин, що входять у формулу, отримано величину термічного опору зразка:

$$R_k = \frac{119,5 \times 10^{-3}}{0,522} = 0,23 \text{ м}^2 \times \text{град/Вт};$$

Результати розрахунків записано у протокол №1 (див. додаток А).

Визначено: густина теплового $q=97,4$ Вт/м²; $R_k=0,23$ м²хград/Вт;



Рисунок 3.2 – Зважування цегли керамічної повнотілої

3.2 Дослідження теплопровідності суцільних однорідних матеріалів

3.2.1 Визначити теплотехнічних характеристик пінополістиролу

Виконано дослідження теплоізоляційних властивостей пінополістиролу (рис. 3.3 , протокол №2, див. додаток А). В протоколі №1 подано результати експериментальних досліджень теплопровідність цегли керамічної повнотілої $\lambda=0,522 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$.



Рисунок 3.3 – Зразок пінополістиролу розміром 2500x120x65 мм

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.4).

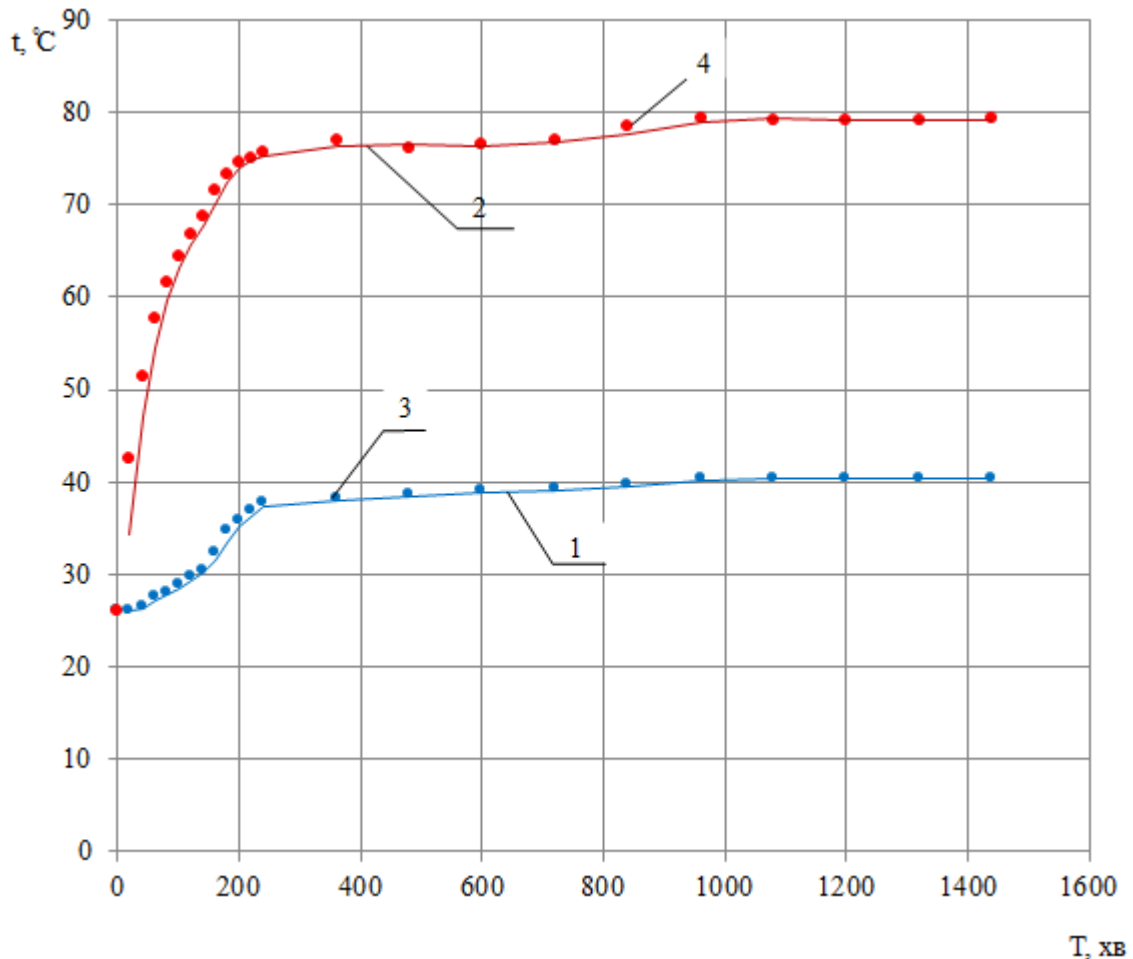


Рисунок 3.4 – Динаміка проходження теплового потоку через пінополістирол

- 1 – лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4–експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики пінополістиролу, а саме

- коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1198}{79,3 - 40,4} = 0,299 \text{ Вт/мх}^\circ\text{C} ;$$

- термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1198}{0,299} = 0,400 \text{ м}^2 \text{ хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №2 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,299 \text{ Вт/мх}^\circ\text{C}$; $R_k=0,40 \text{ м}^2 \text{ хград/Вт}$;

3.2.2 Визначити теплотехнічних характеристик бетону

Виконано дослідження теплоізоляційних властивостей бетону (рис. 3.5, протокол №3, див. додаток А)



Рисунок 3.5 – Зразок бетону розміром 2500x120x65 мм
За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.6).

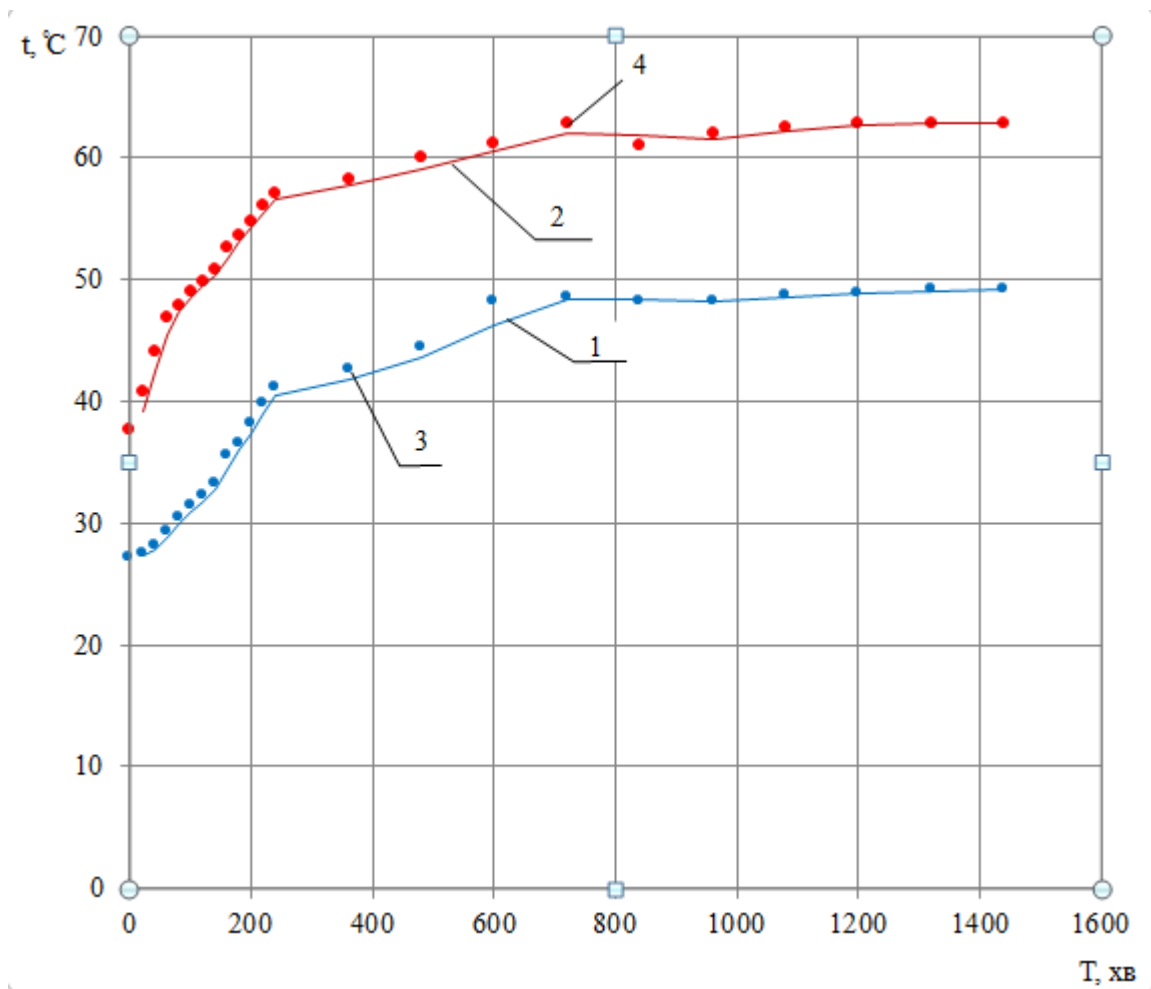


Рисунок 3.6 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра;
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4– експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону, а саме

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1195}{62,8 - 49,3} = 0,862 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1195}{0,862} = 0,138 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №3 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,862$ Вт/мх°С; $R_k=0,138$ м²хград/Вт;

3.2.3 Визначити теплотехнічних характеристик пінополіуретану

Виконано дослідження теплоізоляційних властивостей пінополіуретану (рис.3.7, протокол №4, див. додаток А)



Рисунок 3.7 – Зразок пінополіуретану розміром 2500х120х65 мм

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.8).

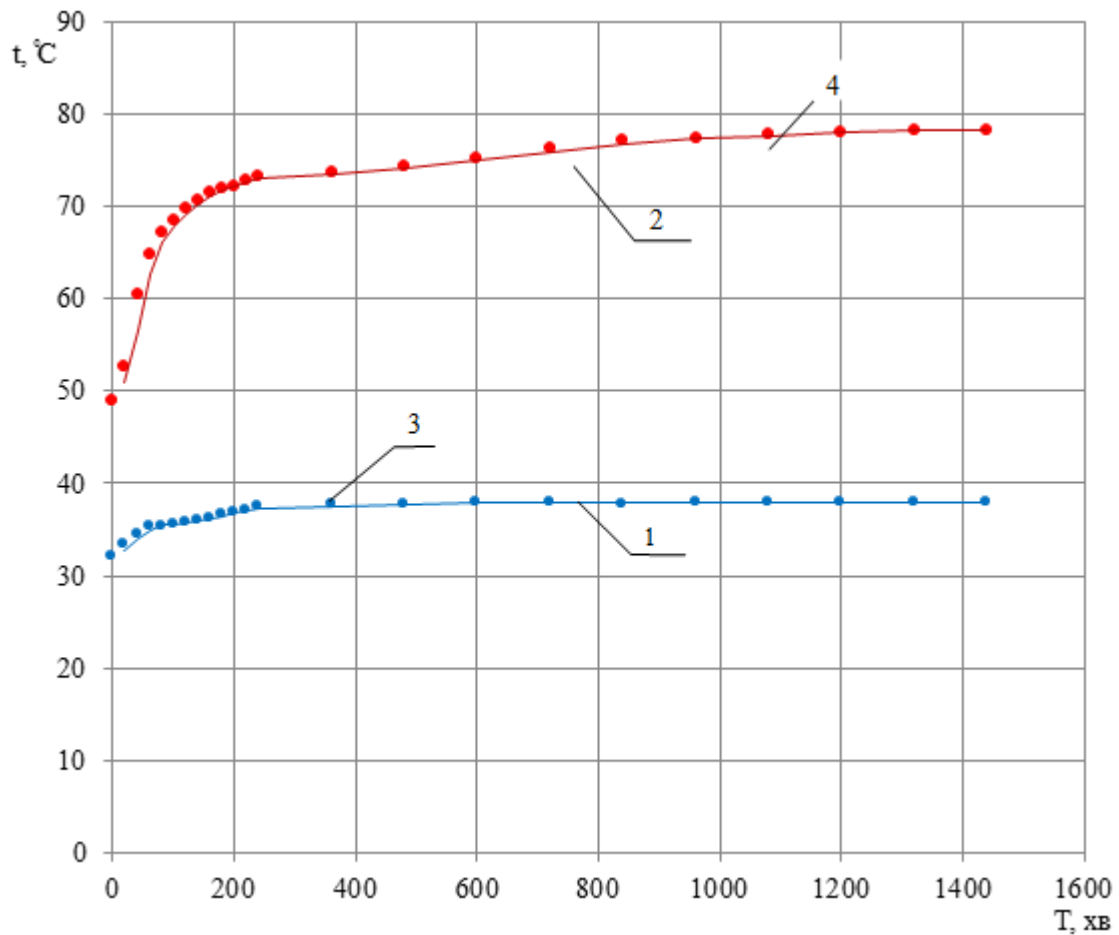


Рисунок 3.8 – Динаміка проходження теплового потоку через пінополіуретан

- 1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4– експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики пінополістиролу, а саме

- коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1195}{78,3 - 38,0} = 0,288 \text{ Вт/м}\cdot\text{х}\cdot\text{°C} ;$$

- термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1195}{0,288} = 0,414 \text{ м}^2\cdot\text{х}\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №4 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,288$ Вт/мх $^{\circ}$ С; $R_k=0,414$ м 2 хград/Вт;

3.3 Дослідження теплопровідності зразків з покриттям

3.3.1 Визначення теплотехнічних характеристик цегли і бетону з покриттям

Керамоізол

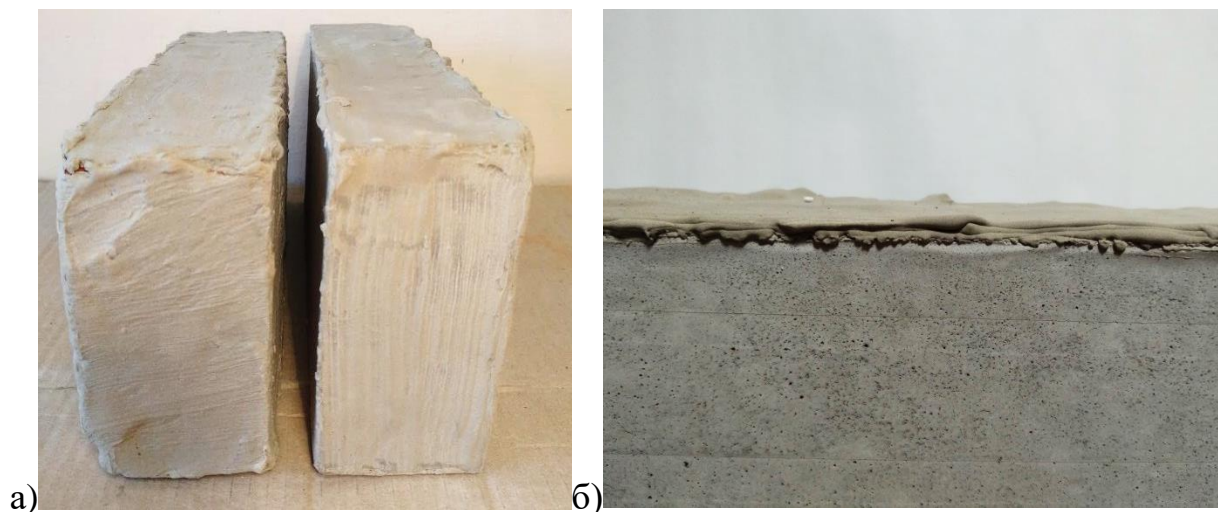


Рисунок 3.9 – Покриття робочої поверхні Керамоізолом

а) цегла і бетон розміром 2500х120х65 мм покриті Керамоізолом з усіх сторін

б) бетон з нашаруванням 5 шарів Керамоізолу

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через цеглу з 1 шаром Керамоізолу (рис. 3.9, 3.10).

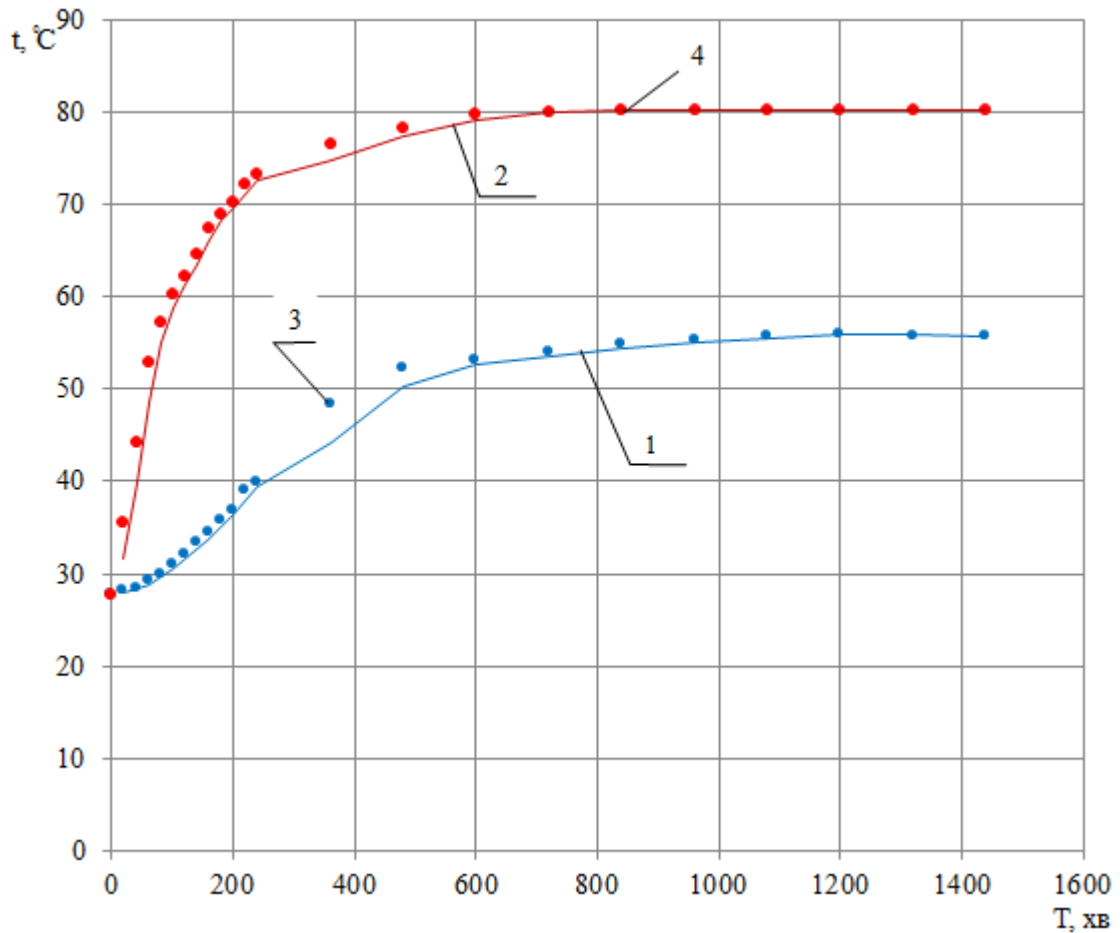


Рисунок 3.10 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу з 1 шаром
Керамоізолу товщиною 0,5 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритої 1 шаром Керамоізолу, а саме

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,120}{80,2 - 55,8} = 0,479 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,120}{0,479} = 0,250 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №5 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,479$ Вт/мх $^{\circ}$ С; $R_k=0,250$ м 2 хград/Вт;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через цеглу з 2 шаром Керамоізолу (рис. 3.11).

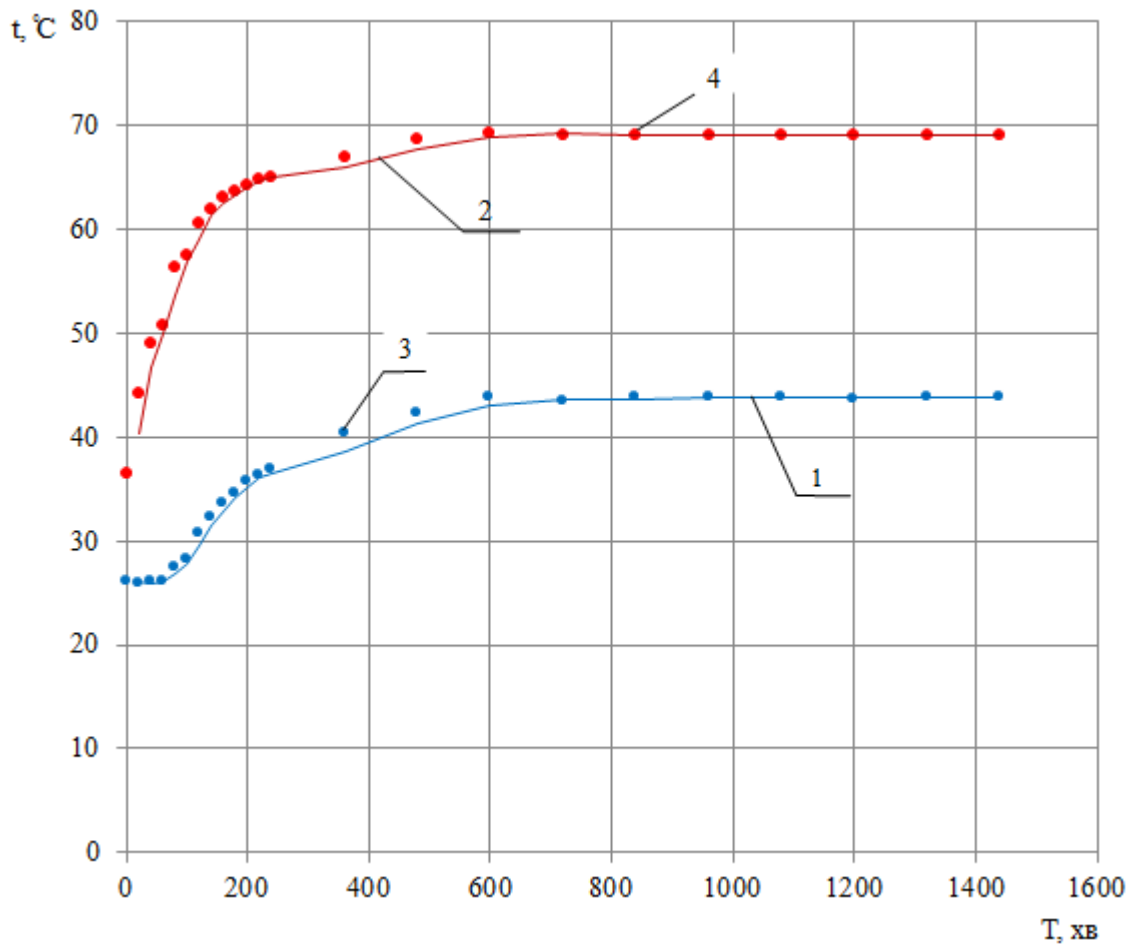


Рисунок 3.11 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу з 2 шаром Керамоізолу товщиною 1,0 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою 2 шаром Керамоізолу, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1205}{69,1 - 43,8} = 0,463 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1205}{0,463} = 0,260 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №6 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,463 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,260 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через цеглу з 3 шаром Керамоізоли (рис. 3.12).

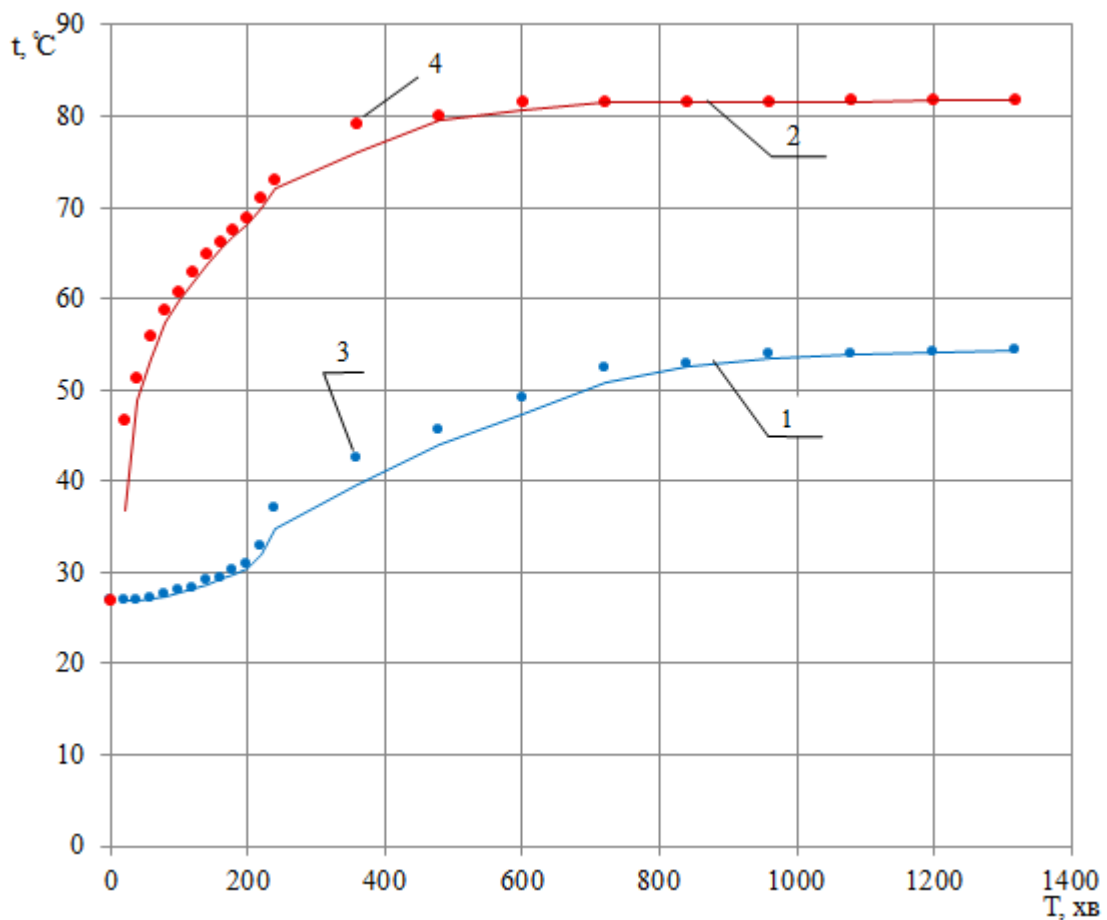


Рисунок 3.12 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу з 3 шаром Керамоізоли товщиною 1,5 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою 3 шаром Керамоізолу, а саме:

- коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1210}{81,8 - 54,6} = 0,433 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

- термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1210}{0,433} = 0,279 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №7 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,433 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,279 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через цеглу з 4 шаром Керамоізолу (рис.3.14).

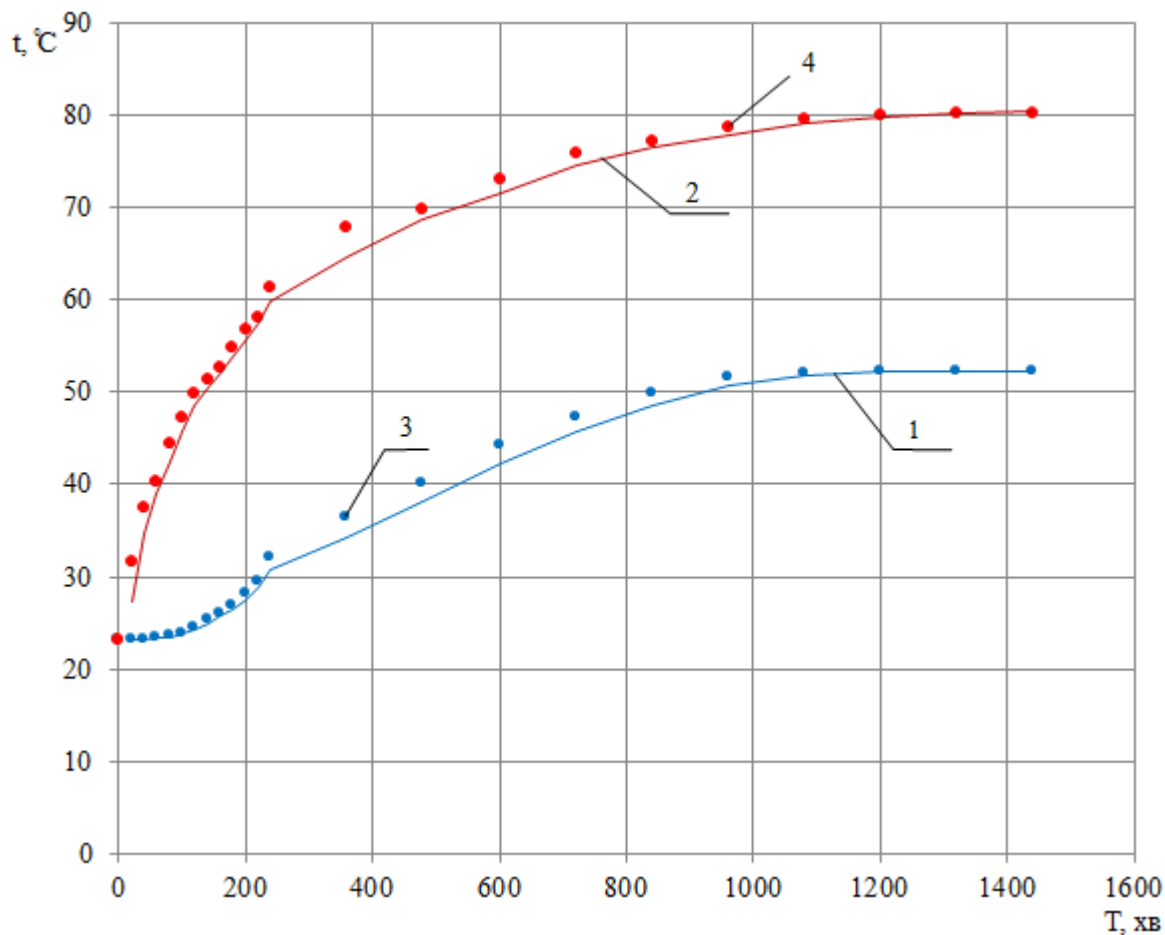


Рисунок 3.14 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу з 4 шаром Керамоізолу товщиною 2,0 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою 4 шаром Керамоізолу, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1215}{80,3 - 52,3} = 0,422 \text{ Вт/мх}^\circ\text{C} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1215}{0,422} = 0,287 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №8 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,422$ Вт/мх $^{\circ}$ С; $R_k=0,287$ м 2 хград/Вт;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через цеглу з 5 шаром Керамоізолу (рис. 3.15).

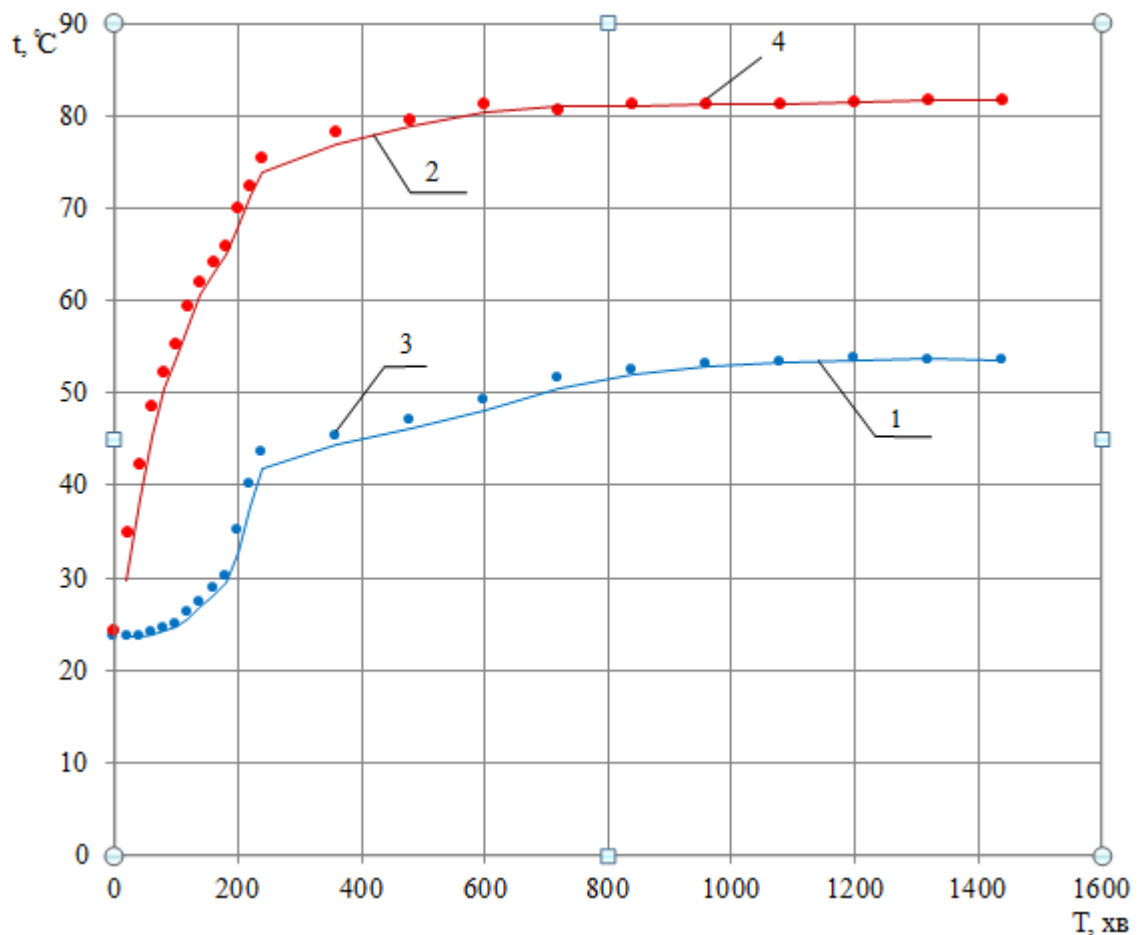


Рисунок 3.15 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу з 5 шаром Керамоізолу товщиною 25,0 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою 5 шаром Керамоізолу, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1220}{81,8 - 53,6} = 0,421 \text{ Вт/мх}^{\circ}\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1220}{0,421} = 0,289 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №9 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,421 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,289 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через цеглу повністю покритої Керамоізолом (рис. 3.16).

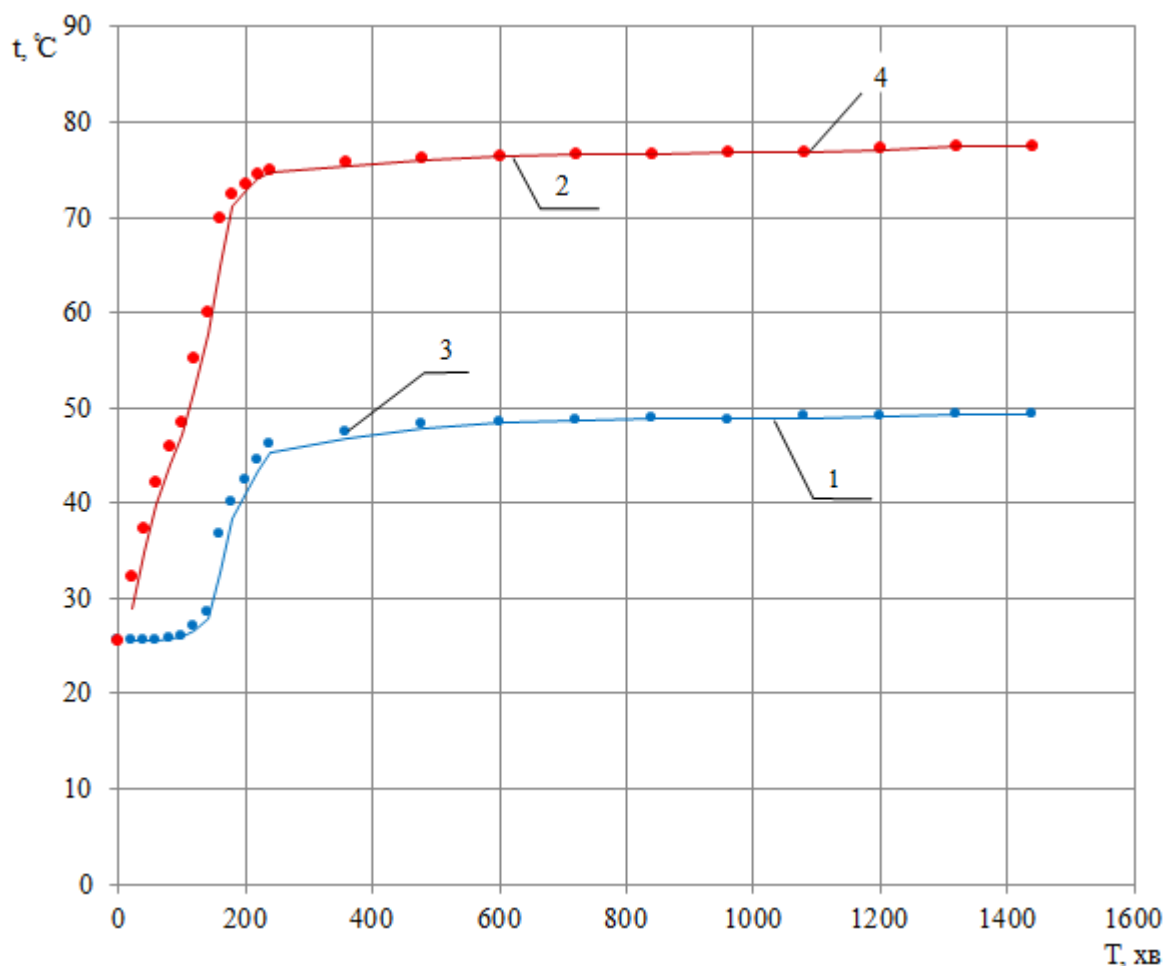


Рисунок 3.16 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу повністю покритої Керамоізолом

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли повністю покритою шаром Керамоізолу, а саме:

- коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1225}{77,5 - 49,2} = 0,421 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

- термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1225}{0,421} = 0,290 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №10 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,421 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,290 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через бетон з 1 шаром Керамоізолу (рис.3.17).

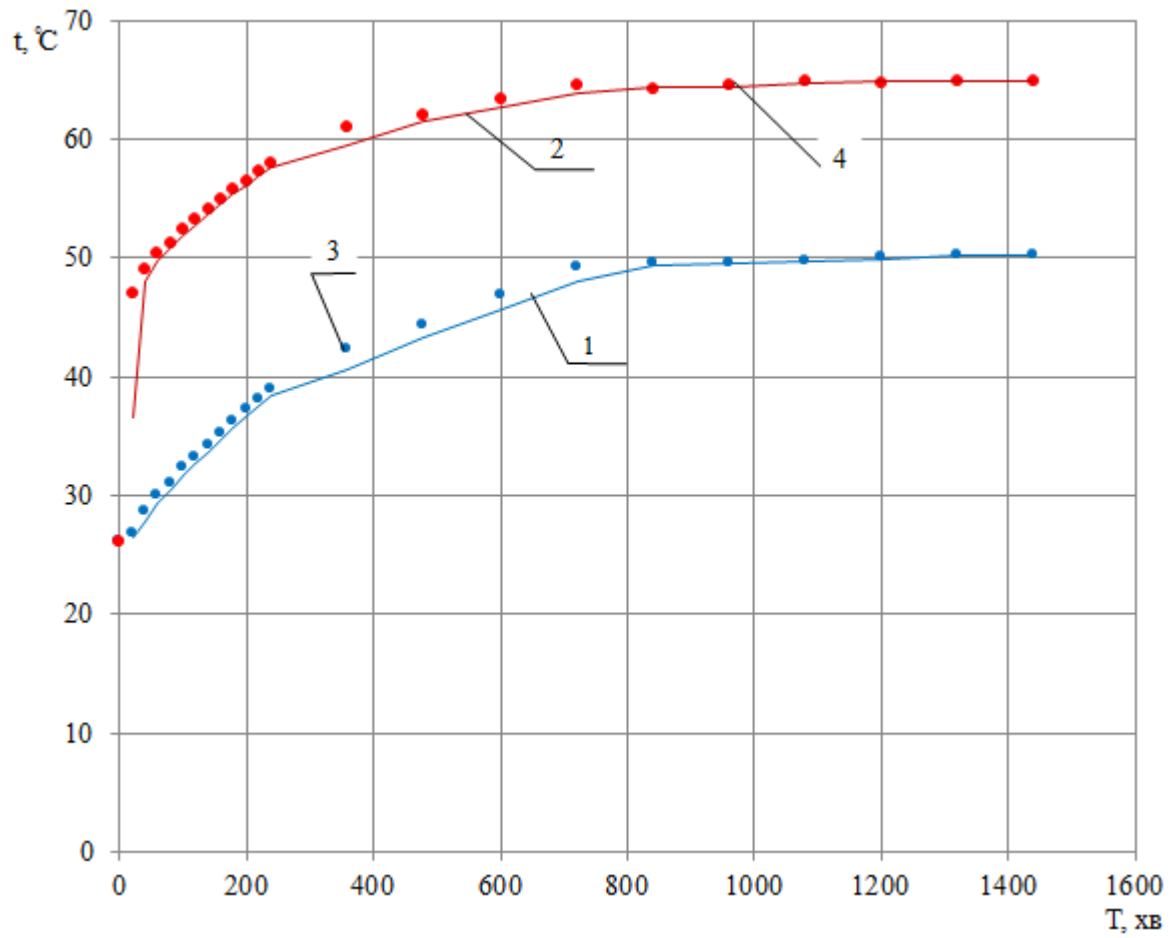


Рисунок 3.17 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон з 1 шаром
Керамоізоляції товщиною 0,5 мм

- 1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону покритого 1 шаром Керамоізоляції, а саме

- коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,120}{64,9 - 50,2} = 0,795 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C} ;$$

- термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,120}{0,795} = 0,150 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №11(Додаток А).

Результати: $\lambda=0,795$ Вт/мх $^{\circ}$ С; $R_k=0,150$ м 2 хград/Вт;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через бетон з 2 шаром Керамоізолу (рис. 3.18).

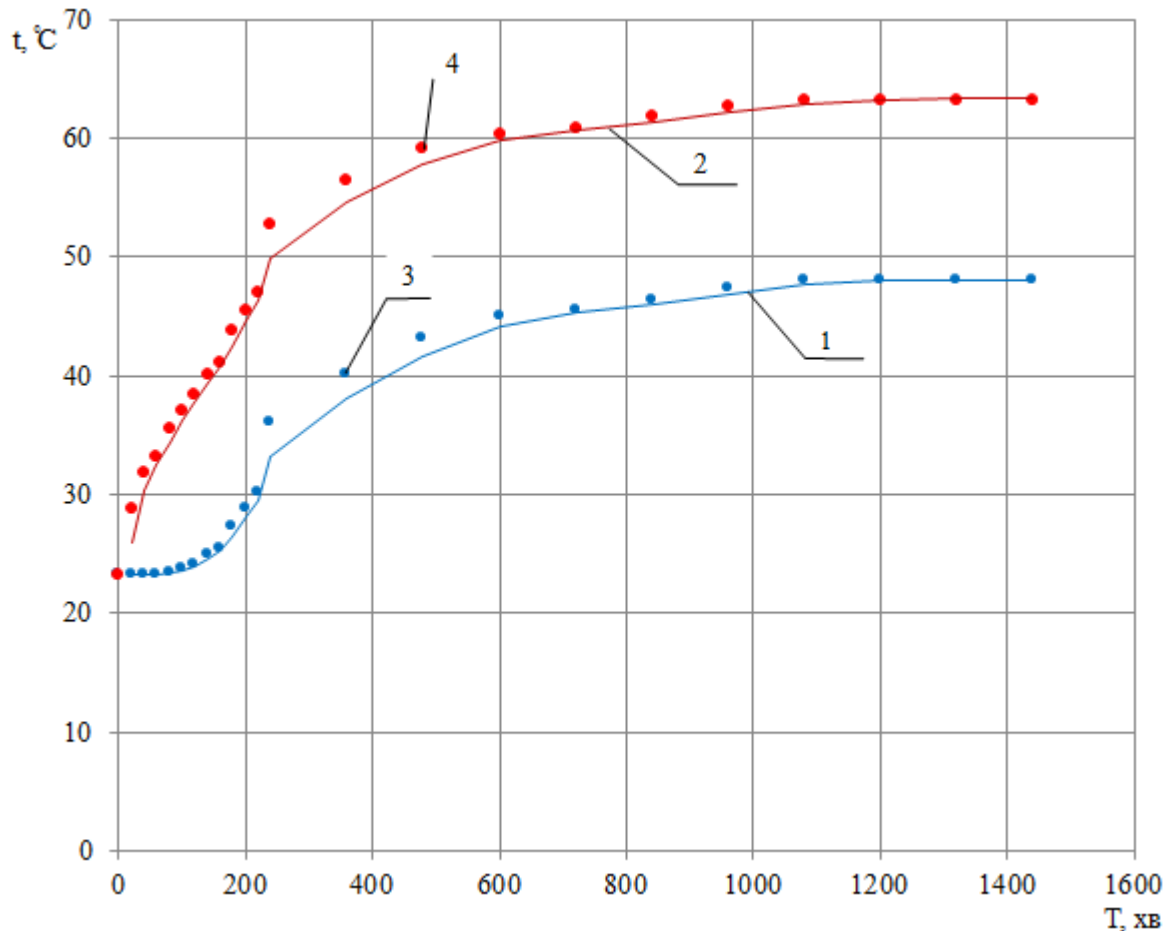


Рисунок 3.18 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон з 2 шаром Керамоізолу товщиною 1,0 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону покритого 2 шаром Керамоізолу, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1205}{63,3 - 48,1} = 0,772 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С};$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1205}{0,772} = 0,156 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №12 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,772 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,156 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через бетон з 3 шаром Керамоізолу (рис. 3.19).

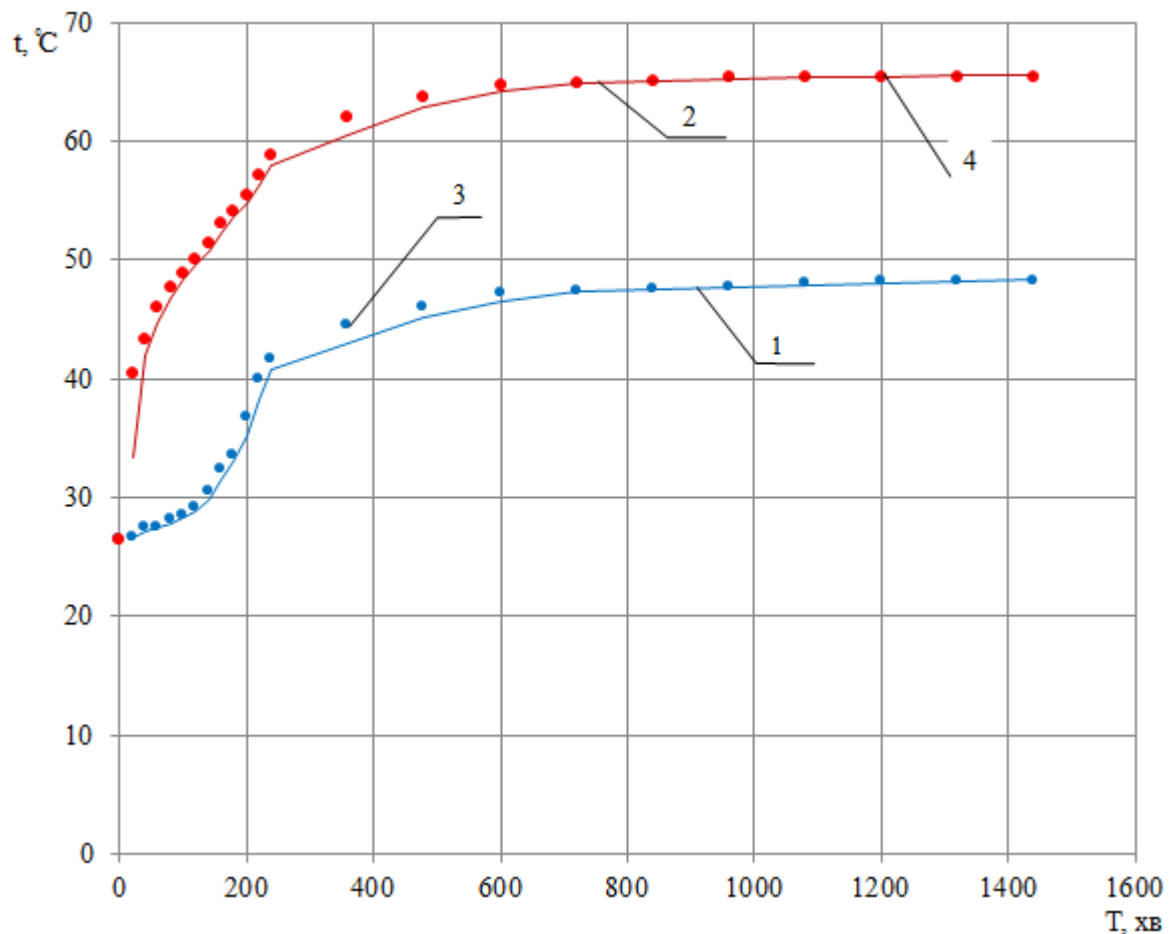


Рисунок 3.19 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон з 3 шаром Керамоізолу товщиною 1,5 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону покритою 3 шаром керамоізолу, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1210}{65,5 - 48,3} = 0,685 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1210}{0,685} = 0,176 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №13(Додаток А).

Результати: $\lambda=0,685 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,176 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку через бетон з 4 шаром Керамоізолу (рис.3.20).

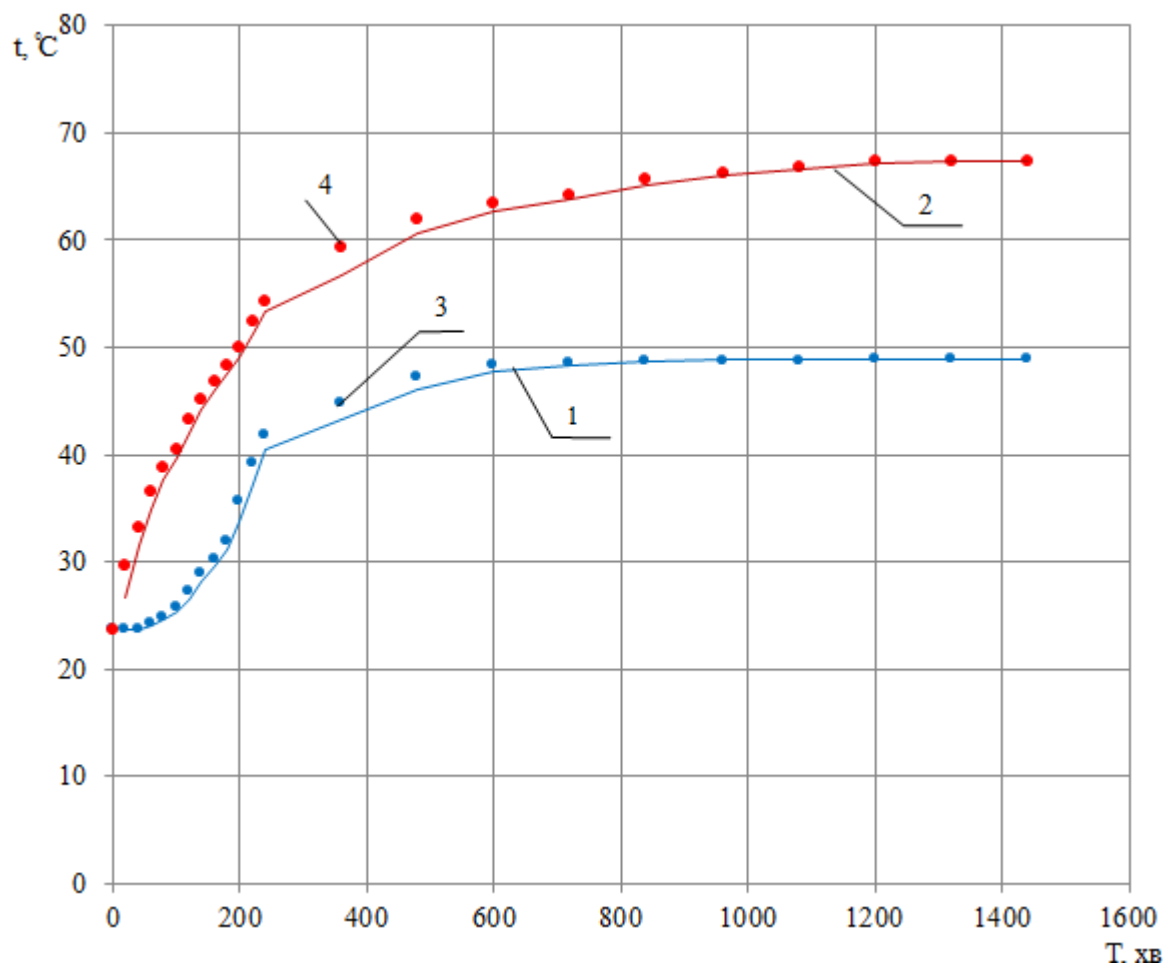


Рисунок 3.20 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон з 4 шаром
Керамоізоляції товщиною 20,0 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону покритого 4 шаром Керамоізоляції, а саме:

- коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1215}{67,4 - 48,9} = 0,639 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C} ;$$

- термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1215}{0,639} = 0,190 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №14(Додаток А).

Результати: $\lambda=0,639$ Вт/мх°С; $R_k=0,190$ м²хград/Вт;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.21).

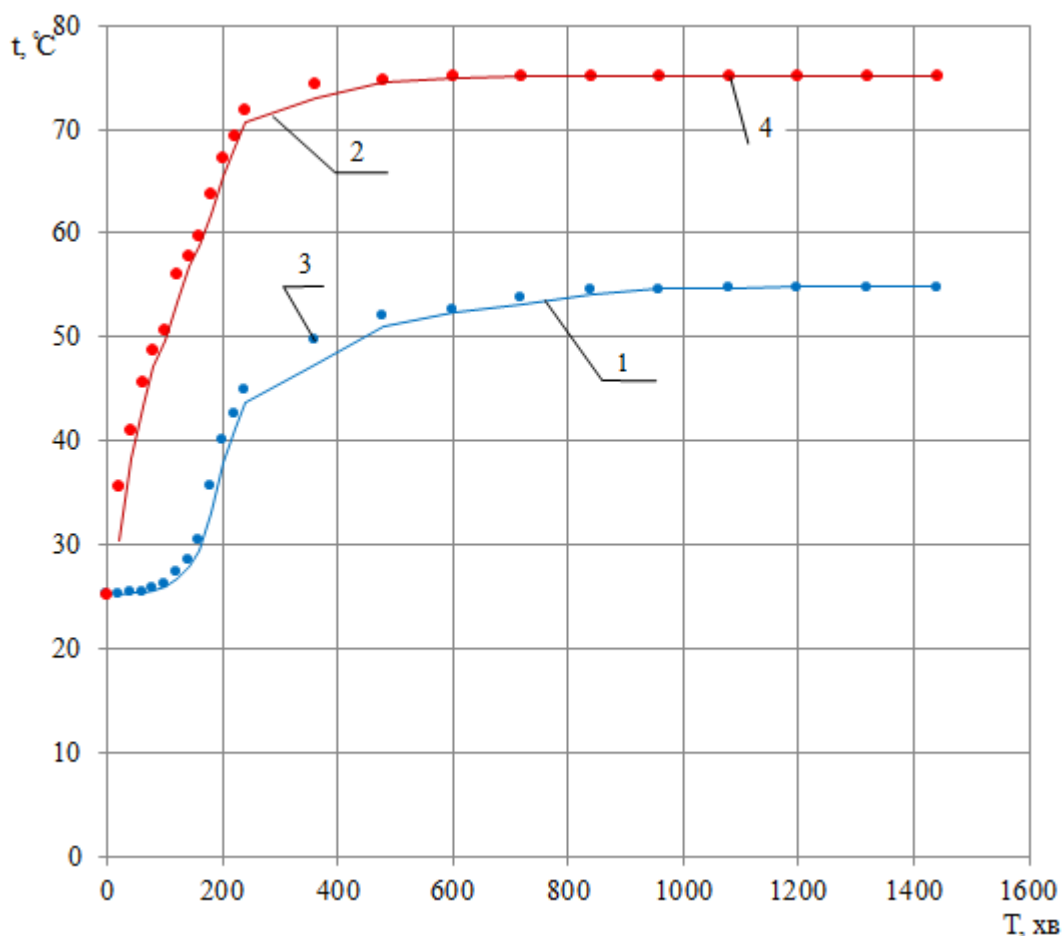


Рисунок 3.21 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон з 5 шаром
Керамоізолу товщиною 25,0 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону покритого 5 шарами Керамоізолу, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1220}{75,1 - 54,8} = 0,585 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1220}{0,585} = 0,208 \text{ м}^2 \cdot \text{град} / \text{Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №15 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,585 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$; $R_k=0,208 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.22).

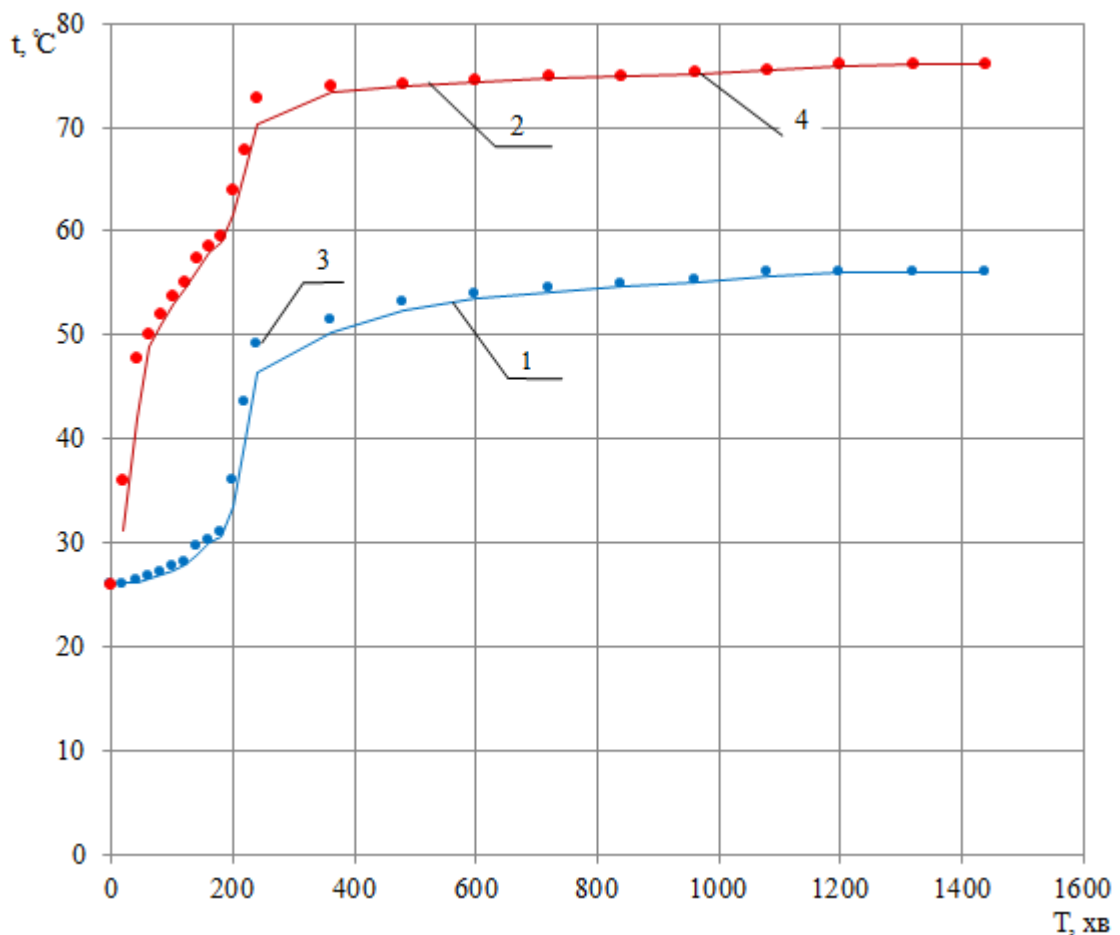


Рисунок 3.22 – Динаміка проходження теплового потоку через бетон повністю покритого Керамоізолом товщиною

- 1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики бетону покритого Керамоізолом з усіх сторін, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1225}{75,6 - 55,2} = 0,584 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1225}{0,584} = 0,209 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №16(Додаток А).

Результати: $\lambda=0,584 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,209 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

3.3.2 Визначення теплотехнічних характеристик цегли з покриттям пінополіуретан

Для проведення експерименту використовуємо 6 зразків цегли з різною товщиною покриття пінополіуретану (рис.3.23).



Рисунок 3.23– Зразки цегли з покриттям пінополіуретаном різної товщини: 30 мм, 25 мм, 20 мм, 15мм, 10 мм і 5 мм.

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.24).

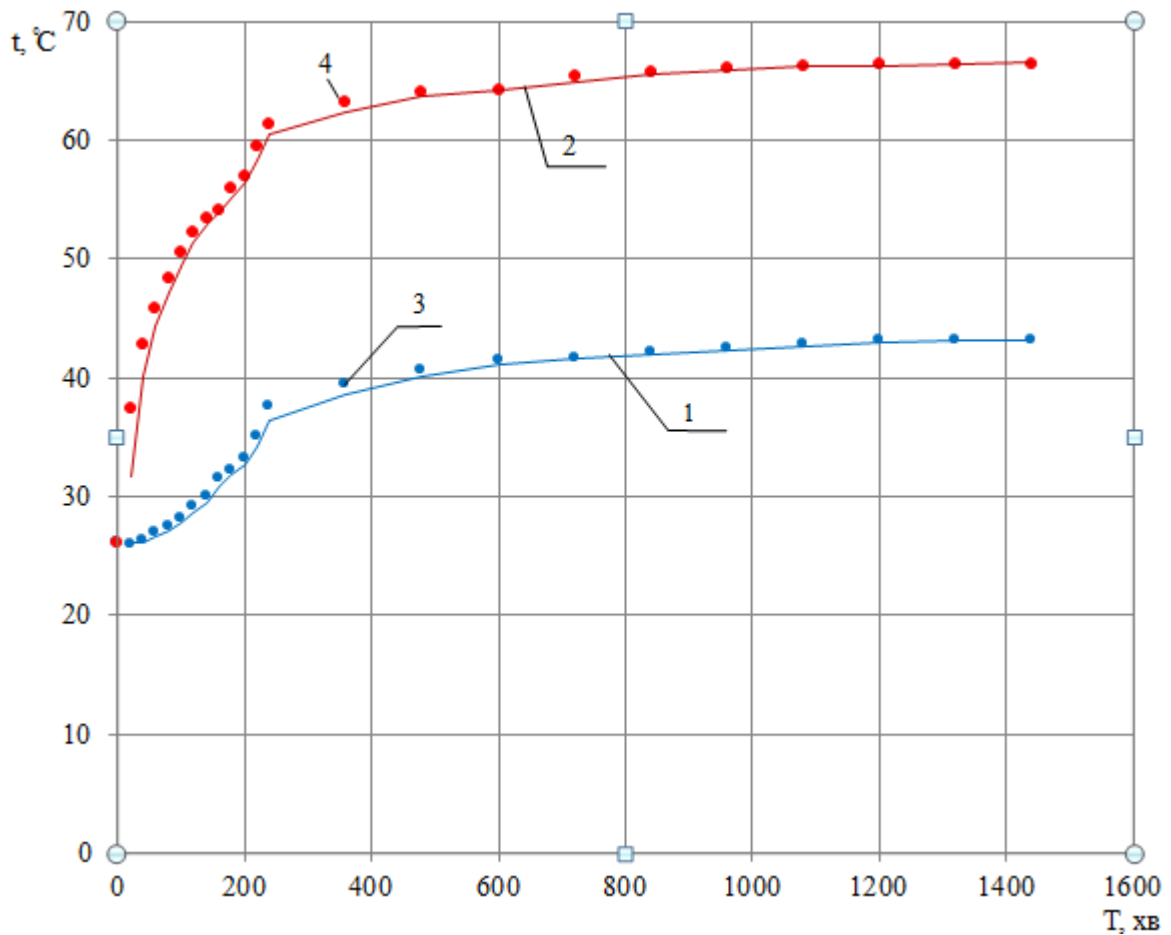


Рисунок 3.24 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу покритої пінополіуретаном товщиною 5 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою пінополіуретаном товщиною 5 мм, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1247}{66,5 - 43,2} = 0,521 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1225}{0,521} = 0,235 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №17 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,521$ Вт/мх $^{\circ}$ С; $R_k=0,235$ м 2 хград/Вт;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.25).

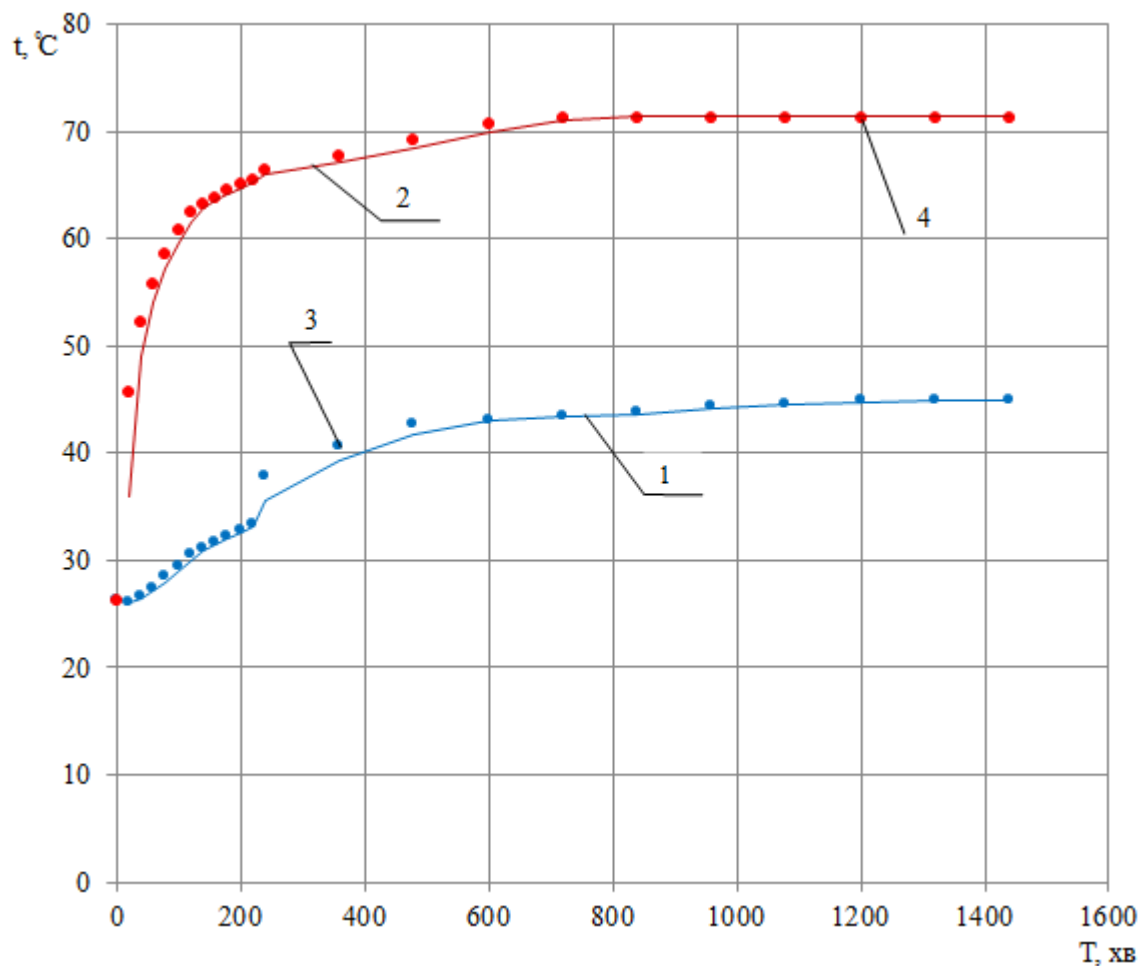


Рисунок 3.25 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу покритої пінополіуретаном товщиною 10 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою пінополіуретаном товщиною 10 мм, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1299}{71,4 - 44,9} = 0,477 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1225}{0,477} = 0,272 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №18 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,477 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,272 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.26).

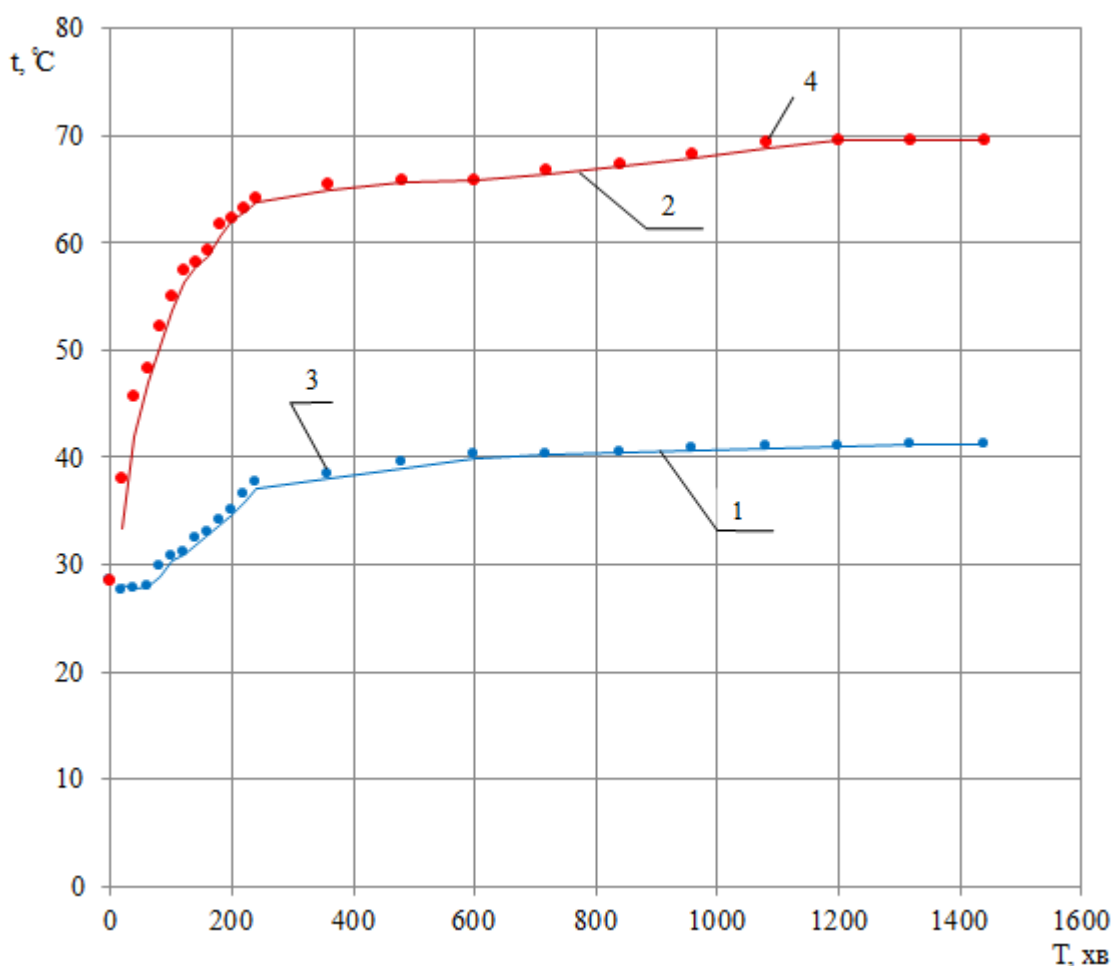


Рисунок 3.26 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу покритої товщиною пінополіуретану 15 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою товщиною пінополіуретану 15 мм, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1345}{69,7 - 41,3} = 0,461 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1345}{0,461} = 0,291 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №19 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,461 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,291 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.27).

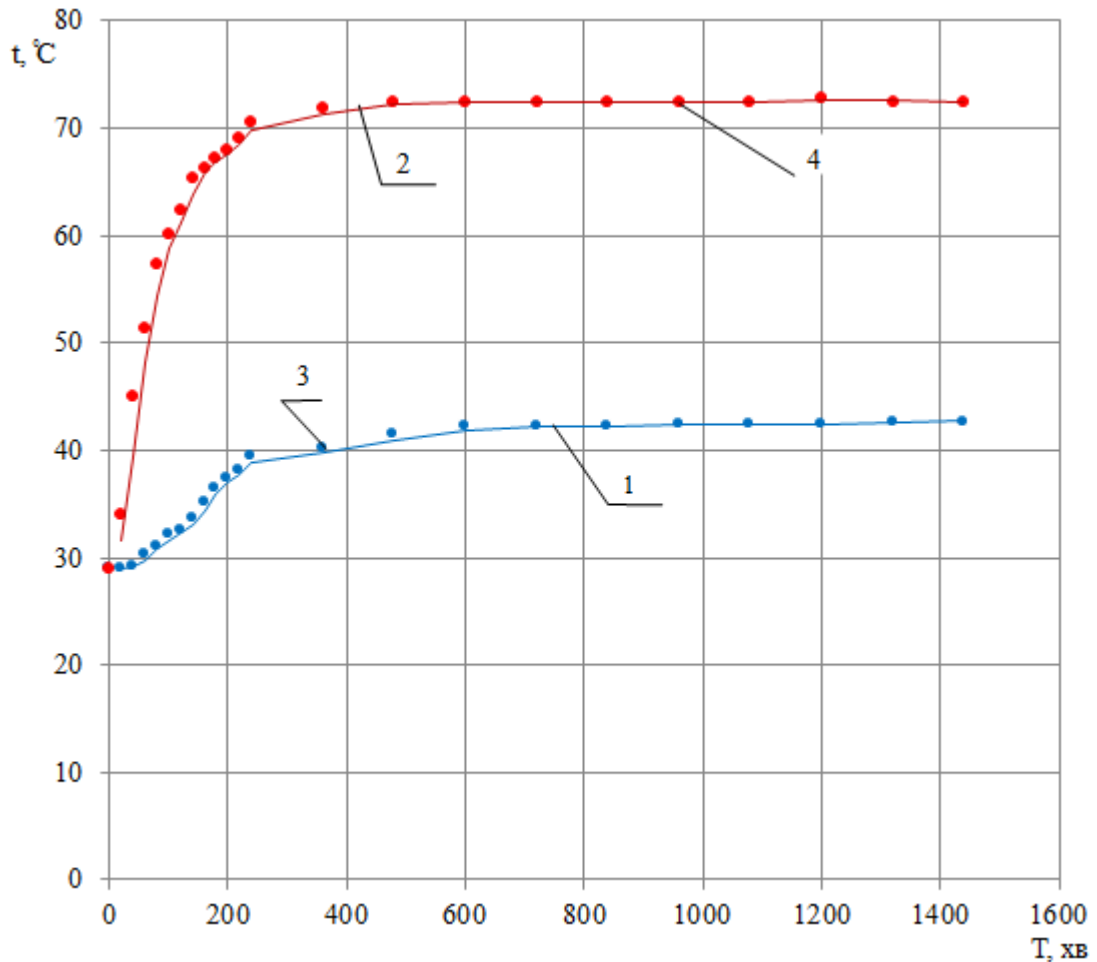


Рисунок 3.27 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу покритої пінополіуретаном товщиною 20 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою пінополіуретаном товщиною 20 мм, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1390}{72,5 - 42,7} = 0,454 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1390}{0,454} = 0,306 \text{ м}^2\cdot\text{град/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №20 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,454$ Вт/мх°С; $R_k=0,306$ м²хград/Вт;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.28).

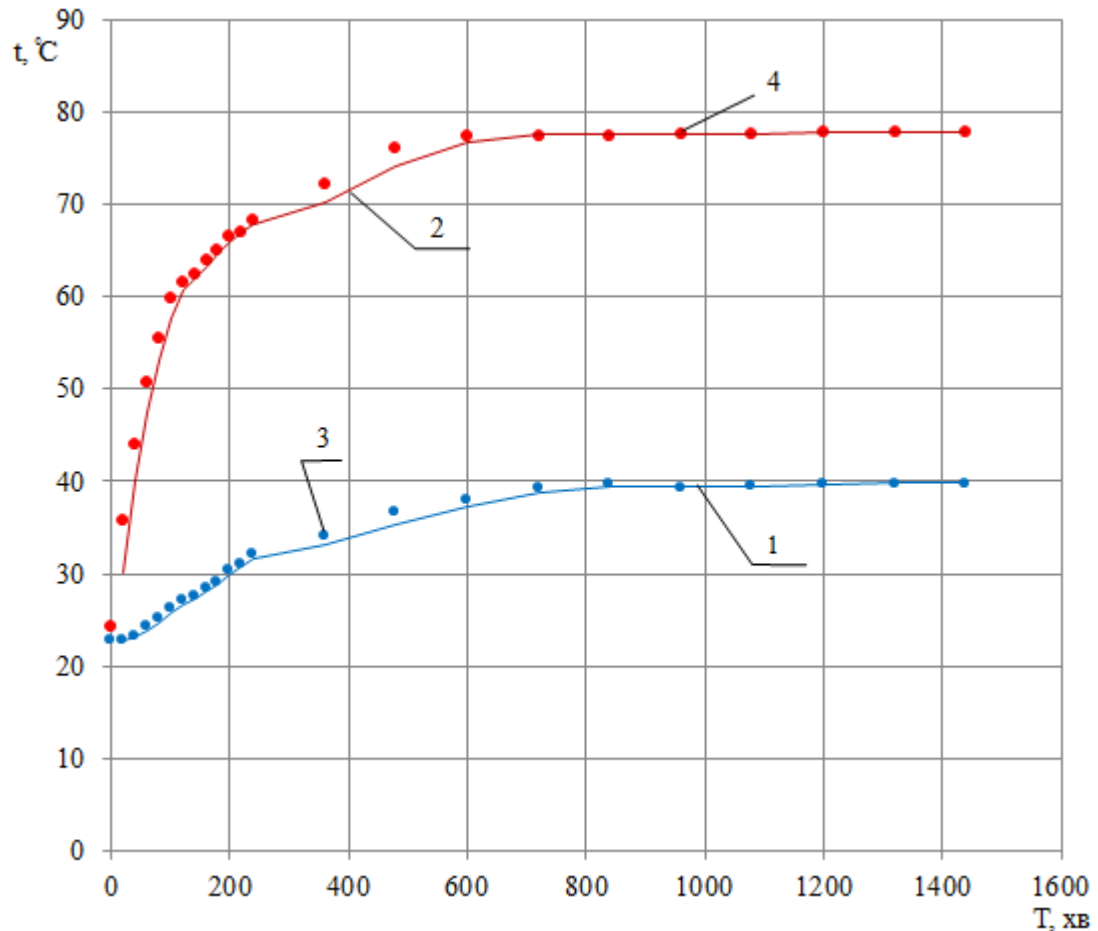


Рисунок 3.28 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу покритої пінополіуретаном товщиною 25 мм

1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра

2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра

3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою пінополіуретаном товщиною 25 мм, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1443}{77,9 - 39,8} = 0,368 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С} ;$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1443}{0,368} = 0,392 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №21(Додаток А).

Результати: $\lambda=0,368 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,392 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

За результатами проведених випробувань отримано графік, який зображає динаміку проходження теплового потоку (рис. 3.29).

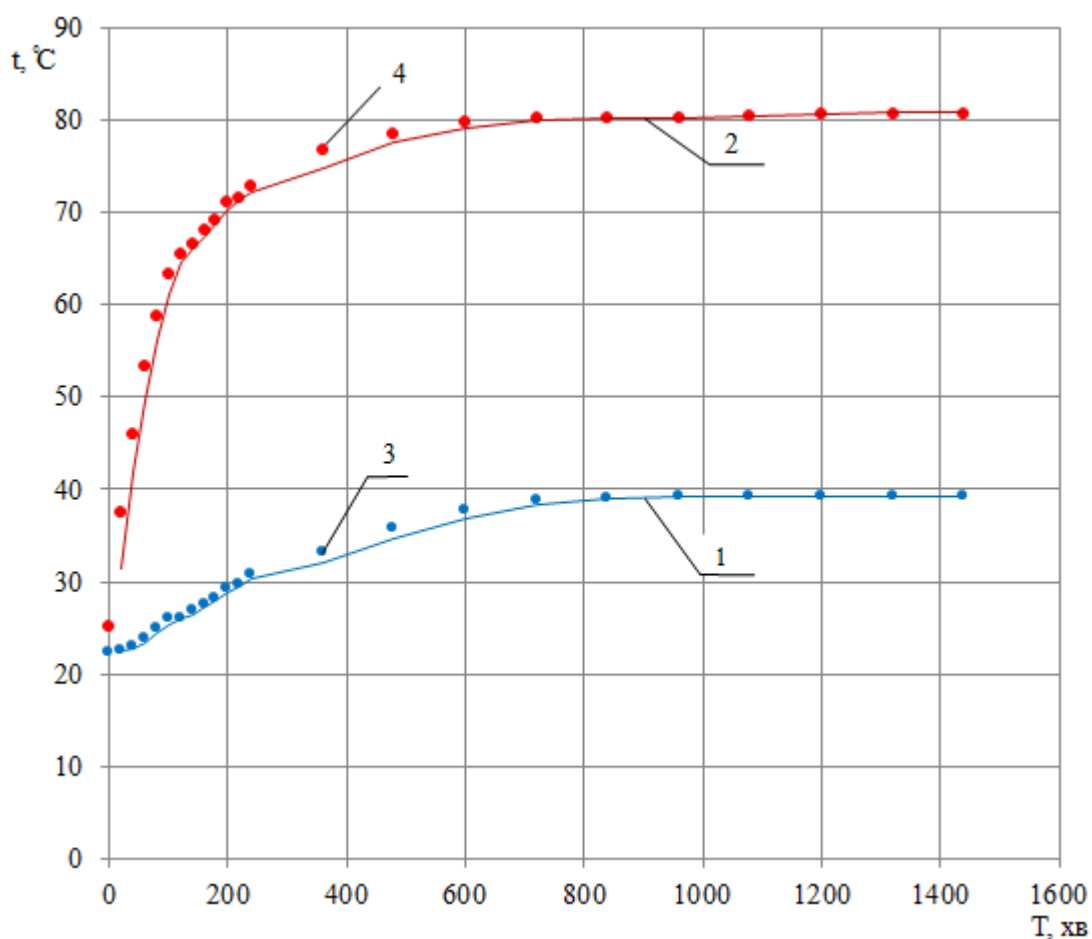


Рисунок 3.29 – Динаміка проходження теплового потоку через цеглу покритої пінополіуретаном товщиною 30 мм

- 1–лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів нижнього термометра
 2– лінія апроксимації отриманих експериментальних результатів верхнього термометра
 3,4 – експериментальні точки

За отриманими експериментальними результатами визначені теплотехнічні характеристики цегли покритою пінополіуретаном товщиною 30 мм, а саме:

– коефіцієнт теплопровідності за формулою (2.3):

$$\lambda = q \frac{\delta}{\tau_{se} - \tau_{si}} = 97,4 \frac{0,1493}{80,8 - 39,3} = 0,350 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С};$$

– термічний опір зразка за формулою (2.4):

$$R_k = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1493}{0,350} = 0,426 \text{ м}^2\text{хград/Вт};$$

Отримані розрахункові результати записано в протоколі №22 (Додаток А).

Результати: $\lambda=0,350 \text{ Вт/мх}^\circ\text{С}$; $R_k=0,426 \text{ м}^2\text{хград/Вт}$;

3.4 Аналіз і узагальнення досліджень

Узагальнені дані теплотехнічні характеристики цегли з покриттям Керамоізол зібрано в таблиці 3.1, бетону з покриттям Керамоізол показано в таблиці 3.2 та показано на рис. 3.30. В таблиці 3.3 наведено узагальнені теплотехнічні характеристики цегли покритої пінополіуретаном

Таблиця 3.1 Узагальнені теплотехнічні характеристики цегли з покриттям Керамоізол

Кількість шарів	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/мх $^\circ$ С	Термічний опір R_k , м 2 хград/Вт	Різниця λ між нанесеним шаром і зразком, %
зразок	0.522	0,230	
1	0.479	0,250	9.0
2	0.463	0,26	12.7
3	0.433	0,279	20.6
4	0.422	0,287	23.7
5	0.421	0,289	24.0
Повністю	0.421	0,290	24.0

Таблиця 3.2 Узагальнені теплотехнічні характеристики бетону з покриттям
Керамоізол

Кількість шарів	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/мх°С	Термічний опір R_k , м ² хград/Вт	Різниця λ між нанесеним шаром і зразком, %
зразок	0.862	0,138	
1	0.795	0,150	8.4
2	0.772	0,156	11.7
3	0.685	0,176	25.8
4	0.639	0,190	34.9
5	0.585	0,208	47.4
Повністю	0.584	0,209	47.6

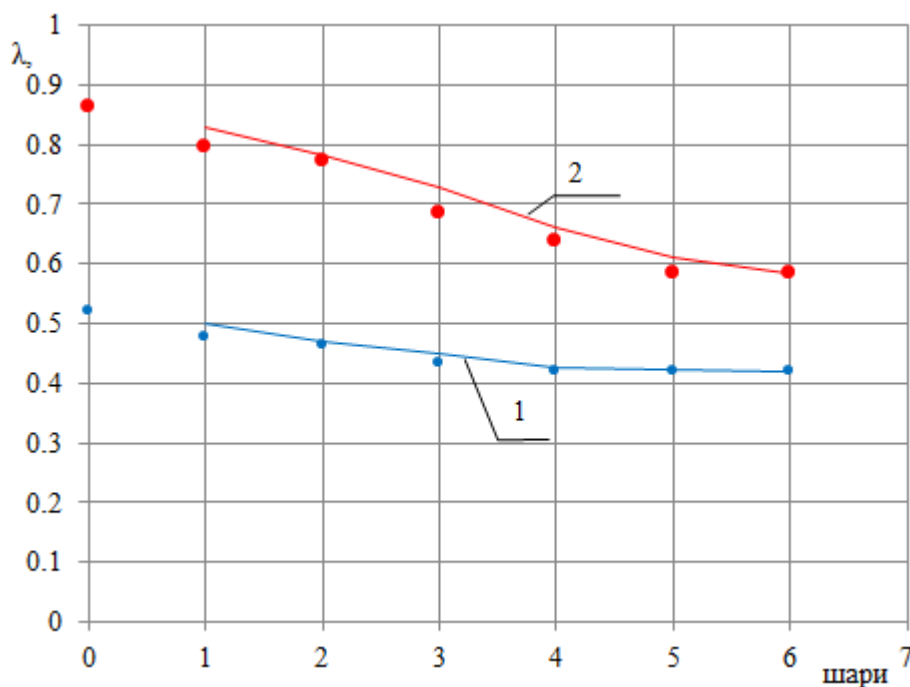


Рисунок 3.30 – Залежність між кількістю шарів Керамоізолу і коефіцієнтом теплопровідності λ

1–цегла керамічна повнотіла 2– бетон розміром 2500x120x65 мм

З отриманих даних можемо зробити висновки, що оптимальною кількістю шарів для нанесення на цеглу керамічну є – 4, для бетону – 5. Натомість покривати стінові вироби Керамоізолом повністю, є недоцільним.

Таблиця 3.3 Узагальнені теплотехнічні характеристики бетону з покриттям
Пінополіуретан

Товщина шарів, мм	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/мх°С	Термічний опір R_k , м ² хград/Вт	Різниця λ між нанесеним шаром і зразком, %
зразок	0,522	0,230	
5	0,521	0,235	0.2
10	0,477	0,272	9.4
15	0,461	0,291	13.2
20	0,454	0,306	15.0
25	0,368	0,392	41.8
30	0,350	0,426	49.1

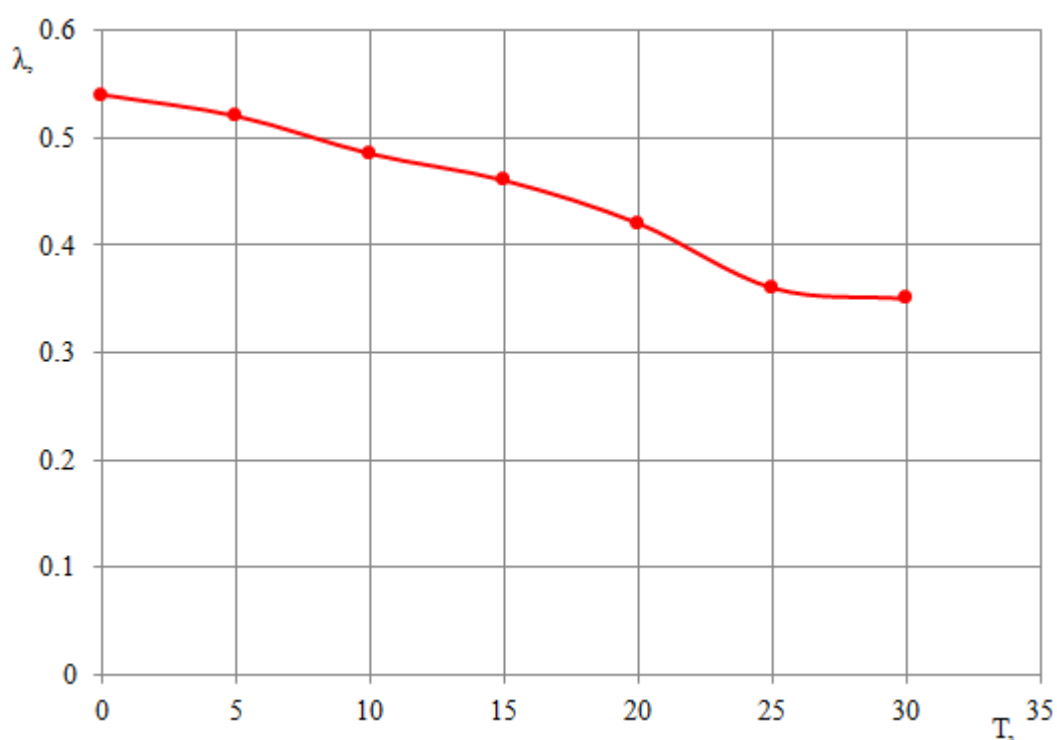


Рисунок 3.31 – Залежність між товщиною пінополіуретану і коефіцієнтом теплопровідності λ

З рисунку 3.31 видно, що ефективність теплопровідності суттєво зменшується після товщини 25 мм.

3.5 Висновки за третім розділом

За результатами досліджень виявлено, що серед розглянутих суцільних матеріалів найвищі теплоізоляційні властивості має пінополіуретан. Ледь

поступається за коефіцієнтом теплопровідності пінополістирол (менше на 3,5 %). Тому при виборі суцільних теплоізоляційних матеріалів для них треба виходити з порівняння їх технологічності, економічності, довговічності, екологічності. Дослід з нанесенням пінополіуретану різної товщини, на цеглу показав, що ефективність теплопровідності суттєво зменшується після товщини 25 мм.

Серед досліджуваних рідких матеріалів найвищий теплоізоляційний ефект виявлено при використанні Керамоізолу. Визначено кількість шарів для нанесення на цеглу – 4, для бетону – 5 шарів, яка забезпечує оптимальне співвідношення техніко-економічних показників при теплоізоляції огороджувальних конструкцій.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Законодавча та нормативна база України з охорони праці

Законодавча база охорони праці України налічує ряд законів, основними з яких є Закон України "Про охорону праці" та Кодекс законів про працю (КЗпП). До законодавчої бази також належать Закони України[34]:

- "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності",
- "Про охорону здоров'я",
- "Про загальнообов'язкове соціальне страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням та похованням",

Їх доповнюють державні міжгалузеві й галузеві нормативні акти - це стандарти, інструкції, правила, норми, положення, статuti та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України. Навчання й інструктажі працівників з питань техніки безпеки є складовою частиною системи управління охороною праці. Вони проводяться працівниками в процесі їхньої трудової діяльності. Усі працівники, яких приймають на роботу і які в процесі роботи проходять на підприємстві навчання й інструктаж з питань техніки безпеки, вивчають правила надання першої і швидкої допомоги потерпілим від нещасного випадку, а також правила поведінки при виникненні аварії чи пожежі на підприємстві. Нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю і правил по охороні праці здійснюють державні органи й інспекції, що не залежать у своїй діяльності від адміністрації підприємств і організацій.

4.1.2 Охорона праці під час проведення робіт із теплоізоляції

Організація і технологія виконання теплоізоляційних робіт повинні забезпечувати безпеку працюючих на всіх стадіях виробничого процесу. Вимоги щодо попередження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів у процесі підготовки та виконання теплової ізоляції при новому будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переозброєнні підприємств, будівель і споруд визначаються ДБН А.3.2-2-2009. «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [35] з урахуванням вимог правил пожежної безпеки при виробництві будівельно - монтажних робіт, а також санітарних норм і правил.

При виконанні теплоізоляційних робіт враховують можливість виникнення наступних небезпечних і шкідливих для виконавців робіт виробничих факторів[36]:

- можливість опіків при випадковому дотику до гарячих поверхонь;
- можливість ураження електрострумом при недотриманні правил електробезпеки;
- можливість роз'їдання рук при роботі з вапняно-цементними розчинами і невикористання засобів захисту;
- запиленість повітря;
- підвищений рівень шуму і вібрації;
- недостатнє освітлення робочого місця;
- відхилення від оптимальних норм температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні;
- можливість травмувань: при роботі зі скловатою і мінеральною ватою; ручним інструментом при необережному, невмілому поводженні з ним або його несправності; випадковому дотику до обертових і рухомих частин машин і механізмів; гострими крайками, шорсткістю на поверхні інструменту, обладнання; при падінні з висоти;
- можливість обморожень, застуди при роботах в зимових умовах;
- можливість отруєння газами при роботах всередині котлів.

Перед початком виконання робіт із застосуванням рідкого скла, теплоізоляційного та іншого матеріалу у вигляді мастик, до складу яких входить рідке скло, а також по нанесенню ізоляції і штукатурки з використанням вапняно-асбоцементних, перлітових, вермикулітових розчинів і мастик надіти гумові тепло-і лугостійкі рукавиці і захисні окуляри. Закриті приміщення, у яких виконуються роботи з готування ізоляційних матеріалів і виробів із застосуванням бітуму і шкідливих для здоров'я людей речовин, повинні мати припливно-витяжну вентиляцію і протипожежний інвентар. Приплив повітря повинен здійснюватися рівномірно у верхню зону.

Ізолювальник повинен бути ознайомлений зі шкідливими і небезпечними виробничими факторами, що діють на працівника. Це – підвищена запиленість повітря робочої зони через ізоляційні матеріали, можливість отримання травм при кріпленні ізоляції, небезпека ураження електричним струмом, отруєння газами. Ізолювальнику видаються спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту відповідно до Типових галузевих норм:

– при виконанні роботи з ізоляції котлів, паропроводів на гарячих ділянках: комбінезон бавовняний, черевики шкіряні, рукавиці брезентові, окуляри захисні, респіратор;

– на холодних ділянках робіт: фартух брезентовий з нагрудником, рукавиці комбіновані.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони і параметри мікроклімату не повинні перевищувати норм, встановлених ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці в будівництві. «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» [37]. Підвищені вимоги до безпеки виконання теплоізоляційних робіт при застосуванні теплоізоляції з пінополіуретану з урахуванням токсичності та пожежонебезпеки входять до його складу. Область застосування ізоляції з пінополіуретану (залівного і наплювального) з пожежної небезпеки повинна відповідати вимогам ДБН В.1.1-7-2002 [38]. Основним документом для підготовки, організації та виконання теплоізоляційних робіт з

урахуванням забезпечення безпеки праці є проект виробництва робіт (ППР) або технологічна карта (ТК).

4.1.3 Охорона праці при роботі з пневматичним інструментом

До робіт із пневматичним інструментом відповідно до ДНАОП 0.03.-8.07-94 “Перелік важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх”[39] повинні допускатися працівники, що пройшли виробниче навчання і перевірку знань з питань охорони праці відповідності з Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою [40].

Робоча частина пневматичного інструмента повинна бути правильно заточена і не повинна мати ушкоджень, тріщин, вибоїв і заусениць.

Бічні грані інструмента не повинні мати гострих ребер; хвостовик інструмента повинний бути рівним, не мати скосів і тріщин, відповідати розмірам втулки, бути щільно пригнаним і правильно центрованим – для запобігання мимовільного випадання.

Забороняється працювати з пневматичним інструментом при наявності люфту у втулці або застосовувати підкладки (заклинювати) інструмент. Клапан включення пневматичного інструмента повинний легко і швидко, без застосування зусилля, відкриватися і закриватися і не пропускати повітря в закритому положенні; цей клапан повинний бути відрегульований до початку роботи пневматичного інструмента.

Для пневматичного інструмента необхідно застосовувати неушкоджені гнучкі шланги, що повинні приєднуватися до інструмента і з'єднуватися між собою за допомогою ніпелів або штуцерів і стяжних хомутів; не дозволяється закріплювати шланги дротом. Місця приєднання повітряних шлангів до пневматичного інструмента, трубопроводам і місця з'єднання шлангів між собою не повинні пропускати повітря. Перед приєднанням гнучкого шланга до

пневматичного інструмента повітряну магістраль необхідно продути, а після приєднання шланга до магістралі необхідно продути також і гнучкий шланг, вільний кінець якого перед продувкою повинний бути закріплений. Інструмент повинний приєднуватися до шланга після прочищення сітки у футорці. На повітротрубопроводі повинна бути запірна арматура. Приєднання шланга до магістралі і до інструмента, а також його від'єднання необхідно виконувати при перекритій арматурі.

Гнучкий шланг повинний бути розміщений так, щоб виключалася можливість його випадкового ушкодження або наїзду на нього транспорту.

Повітря до пневматичного інструмента необхідно подавати тільки після установки його в робоче положення. Робота інструмента вхолосту допускається тільки при його випробуванні – перед початком виконання робіт або при проведенні ремонту.[41]

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Дії у разі виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Надзвичайною ситуацією є обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності.

Дії у разі виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Надзвичайні ситуації техногенного характеру виникають, як правило, на потенційно, техногенно небезпечних виробництвах. До них належать в першу

чергу хімічно небезпечні, радіаційно небезпечні, вибухо - та пожежонебезпечні об'єкти, а також гідро небезпечні об'єкти. Надзвичайні ситуації техногенного характеру класифікуються за такими основними ознаками: - за масштабами наслідків (об'єктового, місцевого, регіонального і загальнодержавного рівня); - за галузевою ознакою (надзвичайні ситуації у сільському господарстві; у лісовому господарстві; заповідній території, об'єкти особливого природоохоронного значення; у водоймах; матеріальних об'єктах - об'єктах інфраструктури, промисловості, транспорті, житлово-комунального господарства тощо).

Внаслідок техногенних аварій та катастроф складається надзвичайна ситуація, раптове виникнення якої призводить до значних соціально-екологічних і економічних збитків, виникає необхідність захисту людей від дії шкідливих для здоров'я факторів, проведення рятувальних, невідкладних медичних і евакуаційних заходів, а також ліквідації негативних наслідків, які сталися. Техногенна надзвичайна ситуація – це стан, при якому внаслідок виникнення джерела техногенної надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території або акваторії порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза їх життю і здоров'ю, завдається шкода майну населення, економіці і довкіллю. Про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій радіоактивного, хімічного, бактеріологічного зараження, катастрофічного затоплення та інших видів небезпеки керівництво клінічної лікарні отримує інформацію від органів місцевого самоврядування, обласного (міського) управління з питань надзвичайних ситуацій і цивільного захисту населення, територіального управління ДСНС.

Найбільшу небезпеку для населення становлять аварії на хімічно небезпечних об'єктах, які виробляють, використовують у технологічному процесі виробництва, зберігають та транспортують аміак, азотну, сірчану кислоту, сірчаний ангідрид та хлор. Аварії (катастрофи) можуть супроводжуватись викидом (вилитом) небезпечних хімічних речовин в атмосферу і на поверхню ґрунту. Вдихання зараженого повітря може призвести до ураження органів дихання, а також очей, шкірних покривів та інших органів.

Найбільш розповсюдженими хімічно-небезпечними речовинами на Україні є хлор, аміак, різні хімікати, пестициди, кислоти та інші хімічні сполуки. ХЛОР - це газ зеленувато-жовтого кольору з різким задушливим запахом. Важчий за повітря. При випаровуванні і з'єднанні з паром води в повітрі стелиться над землею у вигляді туману зеленувато-білого кольору. Пара сильно подразнює органи дихання, очі і шкіру. Ознаки отруєння: різка біль у грудях, сухий кашель, блювання, порушення координації руху, задуха, різь в очах, сльозотеча. При вдиханні великих концентрацій можлива смерть. Засоби індивідуального захисту: цивільні протигази усіх типів, камери захисні дитячі, а при їх відсутності — ватно-марлева пов'язка або рушник, попередньо змочені водою або 2%-вим розчином питної соди. АМІАК - це безбарвний газ із різким задушливим запахом. Легший за повітря. Добре розчиняється у воді. Небезпечний при вдиханні. Пара сильно подразнює органи дихання, очі і шкіру. Ознаки отруєння: прискорене серцебиття, порушення частоти пульсу, нежить, кашель, різь в очах і сльозотеча, важке дихання, а при тяжкому отруєнні - нудота і порушення координації руху, маревний стан. При високих температурах можлива смерть. Засоби індивідуального захисту на об'єктах, що використовують аміак: промислові марки КД і М, ізолюючі і киснево-ізолюючі протигази. При їх відсутності - ватно-марлева пов'язка або рушник, попередньо змочені водою або 5% розчином лимонної кислоти.

Отримавши інформацію про викид в атмосферу ХНР і про небезпеку хімічного зараження, необхідно надіти засоби індивідуального захисту органів дихання, найпростіші засоби захисту шкіри (плащі, накидки) і покинути район аварії. Якщо засоби індивідуального захисту відсутні і вийти з району аварії неможливо, залишайтеся у приміщенні, включіть гучномовець місцевого радіомовлення (радіоприймач, телевізор); чекайте повідомлень управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення. Щільно закрийте вікна і двері, димоходи, вентиляційні люки. Залишаючи квартиру (будинок), виключіть джерела електроенергії, візьміть з собою особисті документи, необхідні речі. [42]

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1) Обрано два види сучасного теплоізоляційного матеріалу, а саме Керамоізол і пінополіуретан.

2) Дослідження проводилися на зразках повнотілої керамічної цегли зі сторони ложка, розміром 250x65 мм², а також на бетонних прямокутних паралелепіпедах розміром 2500x120x65. Для дослідження пінополіуретану, матеріал наносили на цеглу з різною товщиною: 5 мм, 10 мм, 15 мм, 20 мм, 25 мм, 30 мм. Виготовлено пінополіуретан і пінополістирол у вигляді прямокутного паралелепіпеда, розміром 2500x120x65.

3) Наносили теплоізоляційне покриття Керамоізол на зразки з однієї сторони, і також з усіх сторін. Пінополіуретан напилювали на одну сторону.

4) Визначили теплопровідність зразків в залежності від кількості шарів:

Кількість шарів Керамоізолу	Коефіцієнт теплопровідності при нанесенні на цеглу	Коефіцієнт теплопровідності при нанесенні на бетон
1	0.479	0.795
2	0.463	0.772
3	0.433	0.685
4	0.422	0.639
5	0.421	0.585
Повністю	0.421	0.584

Товщина пінополіуретану	Коефіцієнт теплопровідності при нанесенні на цеглу
5	0,521
10	0,477
15	0,461
20	0,454
25	0,368

5) При порівнянні досліджуваних теплоізоляційних матеріалів і класичних, виявили: що пінополіуретан на 3,5 % краще зберігає тепло ніж пінополістирол. Тому, варто взяти до уваги, що при виборі утеплювача, потрібно керуватися не тільки теплотехнічними характеристиками, а також і технологічними. Стіни при покритті чотирма шарами Керамоізолу зменшують теплопровідність на 23,7%, а бетонні стіни при покритті п'ятьма шарами

Керамоізолу зменшують теплопровідність на 47,4%. Виявлено, що повністю покривати цеглу Керамоізолм є недоцільним.

б) Проаналізувавши отримані результати, рекомендовано застосовувати Керамоізол для теплоізоляції. Завдяки високому ступеню адгезії і рідкій консистенції, легко наноситься, навіть у важкодоступних місцях. Великою перевагою є мала товщина нанесеного матеріалу, тому може застосовуватися в транспортній сфері, при утепленні інженерних комунікацій, і при утепленні житлових приміщень. Пінополіуретан легко наноситься і швидко набухає, що зумовлює швидке нанесення на великі поверхні не залежно від геометричних форм. Тому рекомендовано застосовувати в промислових будівлях і спорудах.

Бібліографія

1. Технічний регламент будівельних виробів, будівель та споруд [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1764-2006-%D0%BF#Text>.
2. Саницький, М. А. Математичне моделювання в дослідженні енергоефективності будівельних об'єктів / М. А. Саницький, М. В. Котів, У. Д. Марущак. // Видавництво Львівської політехніки. – С. 254–259.
3. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2016. – 37 с.
4. Ратушняк Г. С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель. Навчальний посібник.- / Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк.. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.
5. Верховна Рада України. Законодавство України. Про енергозбереження. Закон України [Документ 74/94-ВР, чинний, поточна редакція– Редакція від 23.07.2017, підстава - 2095-VIII].
6. Енергозбереження і енергоефективність-1. Конспект лекцій для студентів напрямку підготовки 6.050802 «Електронні пристрої та системи». - К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 106 с.
7. Демченко В. В. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ / В. В. Демченко, Х. М. Чуприна, О. В. Невмержицький. // Управління розвитком складних систем. – 2013. – №16. – С. 138–143.
8. Першина Л. О. Порівняння ефективності теплоізоляційних матеріалів / Л. О. Першина, О. В. Макаренко, С. С. Шкарупа. // Науковий вісник будівництва. – 2015. – С. 152–157.
9. Гетун Г. В. Техніко-економічне обґрунтування теплоізоляційних матеріалів для плоских покриттів / Г. В. Гетун, С. М. Чухрай. – С. 49–54.
10. Огляд ринку теплоізоляційних матеріалів (тім) України за 2019 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://aimarketing.info/uk/blog/business-analytics/ohlyad-rynku-teploizolyatsiinykh-materialiv-tim-ukrayiny-za-2019-aim>.

11. Рідкі утеплювачі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://concom.com.ua/ridka-teploizolyaciya-dlya-stin-zseredini.html>.

12. Збереження тепла за рахунок використання покриття на основі порожніх мікросфер / К. В.Плахотніков, Д. О. Бондаренко, О. В. Старкова, Т. О. Костюк. // НАУКОВИЙ ВІСНИК БУДІВНИЦТВА, – 2018. – С. 195–199.

13. Дослідження мікроструктури теплозахисного покриття на основі скляних і керамічних мікросфер / [А. М. Березюк, К. Б. Дікарев, Р. Б. Папірник та ін.]. // НАУКОВИЙ ВІСНИК БУДІВНИЦТВА. – 2014. – С. 119–121.

14. Керамоизол - теплоизоляция XXI века [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://keramoizol.kiev.ua/index.htm>.

15. Керамоізол [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sevsnab.com.ua/ua/galereya-rabot/>.

16. Бабакова А. С. Сучасні термозахисні фарби. / А. С. Бабакова, О. В. Кондращенко. // Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова. – 2019. – С. 250–252.

17. Курдибаха В. М. Використання полімерних композитних матеріалів у будівництві / В. М. Курдибаха, Ю. Ю. Локотей.

18. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підруч. / О.В. Суберляк, П.І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 374 с. – ISBN 978-966-2004-01-4.

19. Який ППУ вибрати ? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ppu-protection.com/pinopoliuretan/yakyj-ppu-vybraty/>.

20. Бондар К. А. Аналіз властивостей та застосування термоізоляційних матеріалів у холодильному обладнанні / К. А. Бондар, Н. П. Зайчук. // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – 2017. – С. 44–49.

21. Возний В. С. Аналіз сучасних теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються для ізоляції теплових мереж / В. С. Возний, К. В. Бауман.

22. Малишко О. І. Інноваційна технологія використання пінополіуретанових композицій / О. І. Малишко, О. В. Верешко. // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. – 2014. – №2. – С. 66–70.
23. Саундерс Дж.Х. Химия полиуретанов: Пер. с англ. /Дж.Х. Саундерс, К. Фриш. –М.: Химия, 1968. – 470 с.
24. Производство пенополиуретана (ППУ) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://nsfera.ru/vse-o-penopoliuretane/poluchenie-ppu>.
25. Лісовець С. М. Автоматизація обладнання для наплення пінополіуретану / С. М. Лісовець, С. В. Бондаренко. // «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг». – 2020. – С. 174–175.
26. Любартович С.А. Реакционное формование полиуретанов / С.А. Любартович, Ю.Л. Морозов, О.Б. Третьяков. – М.: Химия, 1990. –288 с.
27. Напилюваний поліуретановий утеплювач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://termall.com.ua/wp-content/uploads/2019/03/napyljaemyj-uteplitel-insulation-foam-penosil.pdf>.
28. Переваги утеплення ємностей ППУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://proteplozahist.com/uteplennya-yemnostei/>.
29. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99). Матеріали і виробу будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі. – К.: Держбуд України, 2001. – 21 с.
30. Напилюваний поліуретановий утеплювач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.penosil.com.ua/wp-content/uploads/2019/04/Print_Flayer_PENOSIL%20Premium%20Insulation%20Foam.pdf.
31. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел/ Г. Карслоу, Д. Егер (пер. с англ. под ред. проф. Померанцева А.А.). – М.: Наука, 1994. – 488 с.
32. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, Мінрегіонбуд, 2010.– 61 с.

33. Снижение теплотерь в зданиях. (Терelne ztraty budov a moznosti jejich zmensovani) [Djv- 1.7M] Научное издание. Перевод с чешского В.П. Поддубного. Под редакцией канд. техн. наук Л.М. Махова. (Москва: Стройиздат, 1988)

34. Законодавча та нормативна база України з охорони праці [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://westudents.com.ua/glavy/3150-rozdl-1-zakonodavcha-ta-normativna-baza-ukrani-z-ohoroni-prats.html>.

35. ДБН А.3.2-2-2009 охорона праці і промислова безпека у будівництві Основні положення, Мінрегіонбуд, 2012.–122 с.

36. Інструкція з охорони праці для ізолювальника (32062) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dnaop.com/html/32062/doc-instrukcijaz-ohoroni-pracidlya-izolyuvalynika>.

37. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці в будівництві. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва, Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ)

38. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги, Мінбуд України, 2007

39. ДНАОП 0.03-3.29-94. (ДНАОП 0.03-8.07-94) Перелік важких робіт і робіт з шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх (43234) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://dnaop.com/html/43234/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.03-3.29-94.

40. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>.

41. Інструкція з охорони праці при роботі з із пневматичним інструментом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.buh24.com.ua/instruktsiya-z-ohoroni-pratsi-pri-roboti-z-iz-pnevmatichnim-instrumentom/>.

42. ІНСТРУКЦІЯ з питань техногенної безпеки, пожежної безпеки та цивільного захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://kneu.edu.ua/userfiles/bezpeka_ta_ohorona_prazi/D086nstrukcD196ya_28pozapl_anovij_D196nstruktazh29_.pdf.

Додатки

Додаток А

ПРОТОКОЛ № 1						
тарування приладу						
для дослідження теплопровідності будівельних матеріалів						
Досліджуваний матеріал	Еталонний зразок з висушеної повнотілої керамічної цегли					
Дата дослідження	03.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15.00	Кінець, (год., хв.)	15.00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку $q, \text{Вт/м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка $\delta, \text{мм}$	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка, $a, \text{мм}$	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка, $b, \text{мм}$	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, $m, \text{кг}$	3,124					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,94 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу ρ , кг/м^3	1610		Вологість матеріалу, %	0	
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda, \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$					0,546			
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, $z, \text{ хв.}$	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^\circ\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	24,9	24,9	20	33,9	24,6	40	38,9	25,0
60	42,1	25,6	80	44,5	26,5	100	46,6	27,5
120	48,7	29,1	140	50,2	30,3	160	61,3	31,3
180	52,7	32,8	200	53,7	33,9	220	54,3	34,7
240	55,2	35,5	360	57	37,2	480	59,4	37,8
600	61,3	39,1	720	61,5	39,8	840	61,8	39,9
960	62,1	40	1080	62,2	40	1200	62,3	40
1320	62,3	40	1440	62,3	40			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^\circ\text{C}$		22,3
				62,3	40,0			
Густина теплового потоку q , Вт/м^2				97,4	Термічний опір зразка R_k , $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,23	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б		

ПРОТОКОЛ № 2

Дослідження теплопровідності пінополістиролу розміром 2500x120x65 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок пінополістиролу розміром 2500x120x65 мм					
Дата дослідження	03.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка пінополістиролу δ , мм	119,3	120,1	119,4	120,3	119,8	ШЦ-I
Довжина зразка пінополістиролу, a , мм	248	249	251	249	249,3	Лінійка
Ширина зразка пінополістиролу, b , мм	65	64	64	66	64,8	Лінійка
Маса зразка, m , кг	0,031					Вага
Розрахункові показники зразка						
Об'єм зразка, V , м^3	$1,94 \cdot 10^{-3}$	Густина матеріалу ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$		16	Вологість матеріалу, %	0

Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,1	26,1	20	42,5	26,1	40	51,5	26,5
60	57,6	27,2	80	61,6	28,1	100	64,5	28,9
120	66,8	29,8	140	68,7	30,5	160	71,5	32,3
180	73,4	34,7	200	74,6	35,8	220	75,0	36,8
240	75,6	37,8	360	77	38,3	480	76,1	38,7
600	76,5	39,1	720	77,0	39,2	840	78,5	39,8
960	79,4	40,5	1080	79,2	40,5	1200	79,1	40,3
1320	79,2	40,4	1440	79,3	40,4			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau,$ $^{\circ}\text{C}$		38,9
				79,3	40,4			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,299	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,400	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 3

Дослідження теплопровідності бетону розміром 2500x120x65 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону розміром 2500x120x65 мм					
Дата дослідження	04.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	4,037					Вага
Розрахункові показники зразка						
Об'єм зразка,	$1,94 \cdot 10^{-3}$	Густина			Вологість	

$V, \text{ м}^3$		матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$	2080	матеріалу, %	0			
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	37,7	27,2	20	40,8	27,5	40	44,1	28,1
60	46,9	29,4	80	47,9	30,4	100	49,1	31,4
120	49,9	32,3	140	50,8	33,3	160	52,7	35,5
180	53,7	36,6	200	54,9	38,2	220	56,1	39,8
240	57,1	41,1	360	58,3	42,7	480	60,0	44,4
600	61,3	48,2	720	62,8	49,0	840	61,1	48,2
960	62,0	48,3	1080	62,5	48,8	1200	62,8	48,9
1320	62,8	49,3	1440	62,8	49,3			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		13,5
				62,8	49,3			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,862	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,138	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 4
Дослідження теплопровідності пінополіуретану
розміром 2500x120x65мм

Досліджуваний матеріал	Зразок пінополіуретану розміром 2500x120x65 мм					
Дата дослідження	05.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °C		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка пінополіуретану δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка пінополіуретану, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка пінополіуретану, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	0,044					Вага
Розрахункові показники зразка						

Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,94 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		22,7	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	32,1	32,1	20	52,7	33,5	40	60,5	34,5
60	64,8	35,4	80	67,3	35,5	100	68,6	35,6
120	69,9	35,9	140	70,7	36,1	160	71,5	36,3
180	72,0	36,7	200	72,3	37,0	220	72,9	37,2
240	73,3	37,5	360	73,8	37,7	480	74,5	37,8
600	75,3	38,1	720	76,4	37,9	840	77,2	37,8
960	77,5	37,9	1080	77,9	38,0	1200	78,2	38,0
1320	78,3	38,0	1440	78,3	38,0			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta \tau, ^{\circ}\text{C}$		40,3
				78,3	38,0			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,288	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,411	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 5

Дослідження теплопровідності цегли з 1 шаром покриттям Керамоізол (товщиною 0,5 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої зі сторони ложок 1 шаром керамоізолом					
Дата дослідження	04.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,162					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,94 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1630	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	27,8	27,8	20	35,6	28,1	40	44,3	28,5
60	52,8	29,3	80	57,3	30,0	100	60,2	31,1
120	62,3	32,2	140	64,5	33,3	160	67,5	34,4
180	68,9	35,8	200	70,2	36,9	220	72,2	39,1
240	73,2	40,0	360	76,5	48,4	480	78,3	52,3
600	79,8	53,2	720	80,1	54,0	840	80,2	54,9
960	80,2	55,3	1080	80,2	55,8	1200	80,2	55,8
1320	80,2	55,8	1440	80,2	55,8			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		24,4
				80,2	55,8			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,479	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,250	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 6

Дослідження теплопровідності цегли з 2 шаром покриттям керамоізол (товщиною 0,10 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої зі сторони ложок 2 шаром керамоізолом					
Дата дослідження	06.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,111					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,95 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1595	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	36,5	26,1	20	44,2	25,9	40	49,0	26,0
60	50,8	26,1	80	56,3	27,5	100	57,5	28,2
120	60,5	30,8	140	62,0	32,2	160	63,1	33,6
180	63,6	34,6	200	64,3	35,8	220	64,8	36,3
240	65,1	36,8	360	66,9	40,4	480	68,6	42,3
600	69,1	43,8	720	69,1	43,8	840	69,1	43,8
960	69,1	43,8	1080	69,1	43,8	1200	69,1	43,8
1320	69,1	43,8	1440	69,1	43,8			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau,^{\circ}\text{C}$		25,3
				69,1	43,8			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,463	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,260	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 7

Дослідження теплопровідності цегли з 3 шаром покриттям керамоізол (товщиною 0,15 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої зі сторони ложок 3 шаром керамоізолом					
Дата дослідження	08.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °C		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,103					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,96 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1583	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,8	26,8	20	46,6	26,9	40	51,2	27,0
60	55,8	27,2	80	58,8	27,5	100	60,8	27,9
120	62,8	28,3	140	64,9	29,0	160	66,1	29,4
180	67,6	30,1	200	68,9	30,9	220	71,0	32,8
240	73,0	36,9	360	79,2	42,5	480	80,0	42,5
600	81,5	49,1	720	81,5	52,4	840	81,5	52,9
960	81,6	53,8	1080	81,7	54,0	1200	81,8	54,2
1320	81,8	54,4	1440	81,8	54,6			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau,^{\circ}\text{C}$		27,2
				81,8	54,6			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,433	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,279	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 8

Дослідження теплопровідності цегли з 4 шаром покриттям керамоізол (товщиною 0,20 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої зі сторони ложок 4 шаром керамоізолом					
Дата дослідження	09.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,114					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,96 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1588	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23,1	23,1	20	31,7	23,2	40	37,5	23,3
60	40,4	23,4	80	44,4	23,6	100	47,2	23,9
120	49,9	24,5	140	51,3	25,3	160	52,6	26,1
180	54,8	26,9	200	56,8	28,2	220	58,2	29,5
240	61,3	32,2	360	67,8	36,4	480	69,8	40,1
600	73,1	44,3	720	75,8	47,3	840	77,2	49,8
960	78,6	51,6	1080	79,5	52,1	1200	80,1	52,3
1320	80,3	52,3	1440	80,3	52,3			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		28,0
				80,3	52,3			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,422	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,287	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 9

Дослідження теплопровідності цегли з 5 шаром покриттям керамоізол (товщиною 0,25 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої зі сторони ложок 4 шаром керамоізолом					
Дата дослідження	09.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,119					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,96 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1591	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	24,3	23,6	20	35,0	23,6	40	42,2	23,7
60	48,6	24,1	80	52,3	24,5	100	55,3	25,0
120	59,3	26,2	140	62,0	27,4	160	64,2	28,8
180	65,9	30,2	200	70,1	35,1	220	72,3	40,1
240	75,4	43,5	360	78,3	45,3	480	79,6	74,1
600	81,2	49,3	720	80,7	51,6	840	81,2	52,5
960	81,2	53,1	1080	81,3	53,4	1200	81,6	53,7
1320	81,7	53,6	1440	81,8	53,6			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau,^{\circ}\text{C}$		28,2
				81,8	53,6			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,421	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,289	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 10

Дослідження теплопровідності цегли покритої Керамоізол з усіх сторін

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої Керамоізолом з усіх сторони					
Дата дослідження	10.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Трива- лість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед- не	Инстру- мент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	252	251	253	250	251,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	66	67	67	68	67	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,163					Вага
Розрахункові показники зразка						

Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$2,06 \cdot 10^{-3}$	Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1535	Вологість матеріалу, %		0	
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	25,5	25,5	20	32,4	25,5	40	37,4	25,5
60	42,2	25,6	80	45,9	25,8	100	48,4	26,0
120	55,3	27,1	140	60,0	28,6	160	69,9	36,8
180	72,4	40,1	200	73,5	42,3	220	74,6	44,6
240	75,0	46,1	360	75,8	47,4	480	76,3	48,2
600	76,5	48,6	720	76,7	48,9	840	76,7	48,9
960	76,8	48,7	1080	76,9	49,1	1200	77,3	49,2
1320	77,5	49,2	1440	77,5	49,2			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		28,3
				77,5	49,2			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,421	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,290	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 11

Дослідження теплопровідності бетону з 1 шаром покриттям Керамоізол (товщиною 0,5 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону покритого зі сторони ложок 1 шаром Керамоізолом					
Дата дослідження	11.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка керамоізолу δ_k , мм	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	ШЦ-I
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,923					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,94 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		2022	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,2	26,2	20	47,1	26,8	40	49,1	28,7
60	50,4	30,0	80	51,3	31,0	100	52,4	32,3
120	53,2	33,2	140	54,2	34,3	160	55,0	35,3
180	55,8	36,3	200	56,5	37,2	220	57,3	38,1
240	58,0	38,9	360	61,0	42,3	480	62,0	44,3
600	63,4	46,9	720	64,5	49,3	840	64,3	49,5
960	64,5	49,5	1080	64,9	49,8	1200	64,8	50,1
1320	64,9	50,2	1440	64,9	50,2			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		14,7
				64,9	50,2			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,795	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,150	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 12

Дослідження теплопровідності бетону з 2 шаром покриттям керамоізол (товщиною 0,10 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону покритого зі сторони ложок 2 шаром керамоізолом					
Дата дослідження	12.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка керамоізолу δ_k , мм	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	ШЦ-I
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,904					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,95 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		2000	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23,2	23,2	20	28,8	23,2	40	31,8	23,3
60	33,3	23,3	80	35,5	23,5	100	37,1	23,8
120	38,5	24,2	140	40,2	24,9	160	41,2	25,5
180	43,8	27,3	200	45,6	28,9	220	47,0	30,2
240	52,8	36,1	360	56,5	40,2	480	59,1	43,2
600	60,4	45,0	720	60,9	45,5	840	61,8	46,4
960	62,7	47,4	1080	63,2	48,0	1200	63,2	48,1
1320	63,3	48,1	1440	63,3	48,1			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		15,2
				63,3	48,1			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,772	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,156	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 13

Дослідження теплопровідності бетону з 3 шаром покриттям Керамоізол (товщиною 0,15 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону покритого зі сторони ложок 3 шаром Керамоізолом					
Дата дослідження	13.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °C		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	ШЦ-I
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,900					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,96 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1989	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,4	26,4	20	40,5	26,7	40	43,3	27,5
60	46,0	27,5	80	47,7	28,1	100	48,9	28,5
120	50,1	29,1	140	51,4	30,5	160	53,1	32,4
180	54,2	33,6	200	55,5	36,7	220	57,1	39,9
240	58,9	41,6	360	62,1	44,5	480	63,8	46,0
600	63,8	47,2	720	64,9	47,4	840	65,1	47,6
960	65,4	47,8	1080	65,4	48,0	1200	65,5	48,2
1320	65,5	48,3	1440	65,5	48,3			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		17,2
				65,5	48,3			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,685	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,176	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 14

Дослідження теплопровідності цегли з 4 шаром покриттям Керамоізол (товщиною 0,20 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону покритого зі сторони ложок 4 шаром Керамоізолом					
Дата дослідження	14.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Трива- лість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед- не	Інстру- мент
Товщина зразка керамоізолу $\delta_{\text{к}}$, мм	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	ШЦ-I
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,892					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$1,96 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1985	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, z , хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, z , хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	23,7	23,7	20	29,7	23,7	40	33,2	23,8
60	36,6	24,2	80	38,8	24,9	100	40,6	25,8
120	43,3	27,3	140	45,2	28,9	160	46,9	30,3
180	48,3	32,0	200	50,0	35,6	220	52,5	39,2
240	54,3	41,8	360	59,3	44,8	480	61,9	47,2
600	63,4	48,3	720	64,3	48,5	840	65,8	48,8
960	66,3	48,8	1080	66,9	48,8	1200	67,4	48,9
1320	67,4	48,9	1440	67,4	48,9			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau,^{\circ}\text{C}$		18,5
				67,4	48,9			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,639	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,190	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 15

Дослідження теплопровідності бетону з 5 шаром покриттям Керамоізол (товщиною 0,25 мм)

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону покритого зі сторони ложок 5 шаром Керамоізолом					
Дата дослідження	15.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °C		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка керамоізолу δ_k , мм	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	ШЦ-I
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,896					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{м}^3$	$1,96 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{кг/м}^3$		1987	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	25,3	25,3	20	35,6	25,3	40	41,1	25,4
60	45,6	25,5	80	48,8	25,8	100	50,7	26,2
120	56,0	27,3	140	57,8	28,6	160	59,8	30,5
180	63,8	35,6	200	67,2	40,1	220	69,4	42,5
240	71,8	44,9	360	74,3	49,8	480	74,8	52,1
600	75,1	52,6	720	75,1	53,8	840	75,1	54,6
960	75,1	54,6	1080	75,1	54,8	1200	75,1	54,5
1320	75,1	54,8	1440	75,1	54,8			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		20,3
				75,1	54,8			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,585	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,208	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 16

Дослідження теплопровідності бетону покритого Керамоізолом з усіх сторін

Досліджуваний матеріал	Зразок бетону покритого Керамоізолом з усіх сторони					
Дата дослідження	16.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Трива- лість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед- не	Инстру- мент
Товщина зразка керамоізолу δ_k , мм	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	ШЦ-I
Товщина зразка бетону δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка бетону, a , мм	252	251	253	250	251,5	Лінійка
Ширина зразка бетону, b , мм	66	67	67	68	67	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,911					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,06 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1898	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,1	26,1	20	36,1	26,1	40	47,8	26,4
60	50,1	26,8	80	52,1	27,1	100	53,8	27,7
120	55,1	28,2	140	57,5	29,7	160	58,5	30,3
180	59,5	31,1	200	63,9	36,0	220	67,9	43,6
240	72,8	49,2	360	73,9	51,4	480	74,2	53,2
600	74,6	53,9	720	74,9	54,5	840	75,0	54,9
960	75,2	55,1	1080	75,4	55,1	1200	75,6	55,2
1320	75,6	55,2	1440	75,6	55,2			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta \tau, ^{\circ}\text{C}$		20,4
				75,6	55,2			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,584	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,209	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 17

Дослідження теплопровідності цегли покритої пінополіуретаном товщиною 5 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої пінополіуретаном товщиною 5 мм					
Дата дослідження	17.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка ППУ δ_k , мм	5	4,7	4,8	5	5,2	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,001					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,02 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1485	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,1	26,1	20	37,4	26,1	40	42,8	26,3
60	45,9	26,9	80	48,4	27,5	100	5,5	28,2
120	52,2	29,1	140	53,5	30,0	160	54,2	31,5
180	55,9	32,2	200	57,0	33,2	220	59,6	35,1
240	61,4	37,6	360	63,2	39,4	480	64,1	40,7
600	64,3	41,5	720	65,4	41,6	840	65,8	42,2
960	66,1	42,5	1080	66,2	42,9	1200	66,4	43,1
1320	66,5	43,2	1440	66,5	43,2			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		24,3
				66,5	43,2			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,521	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,235	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 18

Дослідження теплопровідності цегли покритої пінополіуретаном товщиною 10 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої пінополіуретаном товщиною 10 мм					
Дата дослідження	18.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка ППУ δ_k , мм	9,7	10	9,8	10	10,4	ШЦ-I
Товщина зразка цегла δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегла, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегла, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,084					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,10 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1468	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	26,2	26,2	20	45,8	26,1	40	52,2	26,7
60	55,9	27,5	80	58,7	28,5	100	50,8	29,5
120	62,5	30,6	140	63,2	31,2	160	63,9	31,7
180	64,5	32,3	200	65,1	32,9	220	65,6	33,4
240	66,5	37,8	360	67,8	40,7	480	69,2	42,8
600	70,8	43,2	720	71,4	43,5	840	71,4	43,8
960	71,4	44,4	1080	71,4	44,6	1200	71,4	44,8
1320	71,4	44,9	1440	71,4	44,9			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		26,5
				71,4	44,9			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,477	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,272	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 19

Дослідження теплопровідності цегли покритої пінополіуретаном товщиною 15 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої пінополіуретаном товщиною 15 мм					
Дата дослідження	19.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка ППУ δ_k , мм	14,8	15,1	15	15,2	15,0	ШЦ-I
Товщина зразка цегла δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегла, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегла, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,198					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,18 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1466	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	28,6	28,6	20	38,1	27,7	40	45,8	27,8
60	48,3	28,0	80	52,3	29,9	100	55,0	30,8
120	57,5	31,2	140	58,2	32,4	160	59,3	33,1
180	61,8	34,2	200	62,4	35,1	220	63,3	36,6
240	64,3	37,7	360	65,6	38,5	480	65,9	39,6
600	66,0	40,3	720	66,9	40,4	840	67,5	40,5
960	68,4	40,8	1080	69,5	41,0	1200	69,7	41,1
1320	69,7	41,3	1440	69,7	41,3			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta \tau, ^{\circ}\text{C}$		28,4
				69,7	41,3			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,461	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,291	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 20

Дослідження теплопровідності бетону покритої пінополіуретаном товщиною 20 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої пінополіуретаном товщиною 5 мм					
Дата дослідження	20.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка ППУ δ_k , мм	20	18,8	19,2	20	19,5	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,200					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,25 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1422	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	29,0	29,0	20	34,0	29,1	40	45,0	29,2
60	51,4	30,4	80	57,4	31,1	100	60,2	32,1
120	62,4	32,5	140	65,3	33,7	160	66,4	35,2
180	67,3	36,4	200	68,0	37,5	220	69,2	38,1
240	70,6	39,5	360	72,0	40,2	480	72,5	41,5
600	72,5	42,2	720	72,5	42,2	840	72,5	42,3
960	72,5	42,4	1080	72,5	42,4	1200	72,9	42,5
1320	72,5	42,7	1440	72,5	42,7			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta \tau, ^{\circ}\text{C}$		29,8
				72,5	42,7			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,454	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,306	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 21

Дослідження теплопровідності цегли покритої пінополіуретаном товщиною 25 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої пінополіуретаном товщиною 25 мм					
Дата дослідження	21.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Серед-не	Інстру-мент
Товщина зразка ППУ δ_k , мм	24,8	24,5	24,7	25,1	24,8	ШЦ-I
Товщина зразка цегла δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегла, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегла, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,200					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,34 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1367	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $a \tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, $\tau_{si} ^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	24,3	22,8	20	35,9	22,9	40	44,1	23,3
60	50,8	24,3	80	55,6	25,2	100	59,8	26,3
120	61,6	27,1	140	62,5	27,7	160	64,0	28,5
180	65,0	29,2	200	66,7	30,5	220	67,1	31,0
240	68,4	32,1	360	72,2	32,2	480	76,1	36,6
600	77,5	38,1	720	77,5	39,3	840	77,5	39,8
960	77,6	39,8	1080	77,7	39,5	1200	77,9	38,8
1320	77,9	38,8	1440	77,9	38,8			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se}, ^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si}, ^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		38,1
				77,9	38,8			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м} \cdot ^{\circ}\text{C}$				0,368	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2 \cdot \text{град/Вт}$		0,392	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		

ПРОТОКОЛ № 22

Дослідження теплопровідності цегли покритої пінополіуретаном товщиною 30 мм

Досліджуваний матеріал	Зразок цегли покритої пінополіуретаном товщиною 30 мм					
Дата дослідження	22.04.2021					
Час експерименту	Початок, (год., хв.)	15:00	Кінець, (год., хв.)	15:00	Тривалість, (хв.)	1440
Умови випробувань в лабораторії	Температура повітря, °С		19,5	Вологість повітря, %		65
Характеристика приладу						
Тепловий потік	Стаціонарний					
Охолоджувач	Термоконстантна вода $\tau=16^{\circ}\text{C}$					
Термометр (2 шт.)	Цифровий, від -40 до $+70^{\circ}\text{C}$, точність $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$					
Таймер	Цифровий, від 0 до 24 год., точність $\pm 1\text{c}$					
Густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$	97,4					
Характеристика зразка						
Тип зразка	Прямокутний паралелепіпед					
Метрологічні показники зразка						
Розміри зразка	Замір 1	Замір 2	Замір 3	Замір 4	Середнє	Інструмент
Товщина зразка ППУ δ_k , мм	29,8	29,7	29,8	29,7	29,8	ШЦ-I
Товщина зразка цегли δ , мм	120,5	119,2	119,6	119,3	119,5	ШЦ-I
Довжина зразка цегли, a , мм	250	249	251	248	249,5	Лінійка
Ширина зразка цегли, b , мм	64,5	65	65	66	65.1	Лінійка
Маса зразка, m , кг	3,210					Вага

Розрахункові показники зразка								
Об'єм зразка, $V, \text{ м}^3$	$2,42 \cdot 10^{-3}$		Густина матеріалу $\rho, \text{ кг/м}^3$		1326	Вологість матеріалу, %		0
Динаміка проходження теплового потоку через матеріал								
Час, з, хв.	Темпе- ратур $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура $\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Час, з, хв.	Темпе- ратура $\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	Темпе- ратура, τ_{si} $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	25,2	22,4	20	37,5	22,6	40	46,0	23,1
60	53,3	23,9	80	58,8	24,9	100	63,4	26,0
120	65,6	26,1	140	66,6	27,0	160	68,2	27,7
180	69,3	28,2	200	71,1	29,3	220	71,5	29,8
240	73,0	30,8	360	76,7	33,3	480	78,5	35,9
600	79,9	37,7	720	80,2	38,9	840	80,3	39,1
960	80,3	39,2	1080	80,4	39,2	1200	80,4	39,3
1320	80,4	39,3	1440	80,4	39,3			
Результати дослідження								
Характеристика стаціонарного теплового потоку				$\tau_{se},$ $^{\circ}\text{C}$	$\tau_{si},$ $^{\circ}\text{C}$	Температурний градієнт $\Delta\tau, ^{\circ}\text{C}$		41,5
				80,4	39,3			
Коефіцієнт теплопровідності $\lambda,$ $\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$				0,350	Термічний опір зразка $R_k,$ $\text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$		0,426	
Дослідження виконав				(підпис)		Дзюбак А.М.Б.		