

*С. Я. Вовк, О. Ю. Пазен, Н. О. Ференц, А.С. Лин
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ПЕРЕДІЛКИ НАВКОЛО ПЕЧЕЙ ТА ДИМОХОДІВ В БУДІВЛЯХ З ГОРЮЧИМИ БУДІВЕЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

Вступ. Опалювальні печі, на частку яких припадає 80 % від загальної кількості тепла, яке виробляється у сільській місцевості, широко використовуються в одно-, двоповерхових будівлях, як в наявному житловому фонді, так і в новому будівництві. Пожежі, які виникають в житлових будинках, найчастіше, призводять до загибелі та травмування людей. Серед причин виникнення пожеж порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації печей, теплогенеруючих агрегатів та установок становлять 3 868 випадків (6,9 %).

Метою статті є дослідження пожежної безпеки при влаштуванні печей та димоходів в будівлях з горючими будівельними конструкціями.

Методи дослідження. У роботі було використано ряд методів, зокрема, статистичний, системний, порівняльний, а також метод математичного моделювання процесу теплообміну в багатошаровій плоскій конструкції для визначення температури зовнішньої поверхні залежно від товщини та матеріалу виконання димоходу.

Основні результати дослідження. У статті проаналізовано пожежну небезпеку пічного опалення, яка полягає в наявності високих температур на поверхні елементів печі (стінок, патрубків, труб), що можуть бути джерелом запалювання горючих матеріалів і горючих конструкцій будівель. Температура на поверхні елементів нетепломістких печей залежить від виду палива, що спалюється, режиму паливника печей і може перевищувати 600 °С. Температура в паливнику теплоємних печей може становити понад 1000 °С, а в димовому каналі біля міжповерхового перекриття – 500 °С. Ступінь нагрівання бічних поверхонь і перекриття печі, а також димових каналів залежить від товщини стінок, виду і кількості палива, що спалюється, і тривалості горіння.

У роботі розрахунково визначено температуру на зовнішній поверхні протипожежної переділки залежно від її розмірів та геометричної форми перерізу димоходу при температурі димових газів до 450⁰ С. Така температура утворюється при роботі котлів та печей в турборежимі. Дослідження проводилися для димоходів із різних матеріалів, зокрема: з керамічної цегли різної товщини, з керамічної цегли і шару цементно-піщаної штукатурки, з керамічної цегли і переділки із бетону, із керамічної цегли і переділки із мінеральної вати, із жаростійкого бетону і переділки з мінеральної вати, із сталі.

Висновок. Для запобігання пожежі в димоходах необхідно регулярно проводити перевірки опалювального приладу і димоходу, здійснювати правильний підбір потужності опалювального приладу. На основі приведених аналітичних залежностей визначено оптимальну товщину протипожежної переділки навколо димоходу, встановлено, що на дану товщину суттєво впливають теплотехнічні властивості будівельних матеріалів, із яких виконано димохід та переділку. Показано, як з допомогою математичного моделювання процесу теплообміну за необхідності можна встановити температуру на поверхні димоходу з будь-якого будівельного матеріалу. Встановлено, що димоходи, які мають форму циліндра, менше нагріваються у порівнянні з прямокутними.

Ключові слова: протипожежна переділка, стаціонарний теплообмін, димоходи, печі, теплоізолюючі матеріали.

S. Ya. Vovk, O.Y. Pazen, N.O. Ferents, A.S. Lyn

Lviv State University of Life Safety

DETERMINATION OF THE OPTIMAL THICKNESS OF FIRE-RESISTANCE PARTICULAR AROUND FURNACES AND CHIMNEYS IN BUILDINGS WITH COMBUSTIBLE BUILDING STRUCTURES

Introduction. Heating stoves, which account for 80% of the total heat produced in rural areas, are widely used in single-storey buildings, both in the existing housing stock and in new construction. Fires that occur in residential buildings often lead to death and injury. Among the causes of fires violations of fire safety rules during the installation and operation of furnaces, heat-generating units and installations are 29.2%.

The article aims to research fire safety at the device of furnaces and chimneys in buildings with combustible constructions.

Methods. Some methods were used in the work, in particular, statistical, system, comparative, as well as the method of mathematical modelling of the heat transfer process in a multilayer flat structure to determine the temperature of the outer surface depending on the thickness and material of the chimney.

Results. The article analyses the fire hazard of furnace heating, which consists in the presence of high temperatures on the surface of the furnace elements (walls, pipes, pipes), which can be a source of ignition of combustible materials and combustible structures of buildings. The temperature on the surface of the elements of non-heat-burning furnaces depends on the type of fuel burned, the mode of the furnace fuel and can exceed 600 °C. The temperature in the fuel of heat-intensive furnaces can be over 1000 °C, and in the flue near the floor - 500 °C. The degree of heating of the side surfaces and the floor of the furnace, as well as the flues, depends on the thickness of the walls, the type and amount of fuel burned and the duration of combustion.

The temperature on the outer surface of the fire partition is calculated depending on the size and geometric shape of the chimney cross-section at a flue gas temperature up to 4500 C. This temperature is formed during the operation of boilers and furnaces in turbo mode. Researches were carried out for chimneys from various materials, in particular: from a ceramic brick of various thickness, from a ceramic brick and a layer of cement-sand plaster, from a ceramic brick and alteration from concrete, from a ceramic brick and alteration from mineral wool, from heat-resistant concrete and alteration from mineral cotton wool, steel.

Conclusion. To prevent a fire in the chimneys, it is necessary to regularly inspect the heater and chimney, to make the correct selection of the power of the heater. Based on the above analytical dependences, the optimal thickness of the fire-fighting partition around the chimney was determined, it was found that this thickness is significantly affected by the thermal properties of building materials from which the chimney and partition are made. It is shown how with the help of mathematical modelling of the heat exchange process, if necessary, you can set the temperature on the surface of the chimney of any building material. It is established that chimneys that have the shape of a cylinder are heated less than rectangular ones.

Keywords: fire-fighting alteration, stationary heat exchange, chimneys, furnaces, heat-insulating materials

Постановка проблеми. Пічне опалення є найпростішим і найдавнішим видом обігріву приватних будинків. У простих селянських будинках піч використовували не тільки для підвищення температури у приміщенні, але і для приготування їжі, і як тепле спальне місце. В сучасних будинках, які мають невелику площу і висоту не більше двох поверхів, пічне опалення залишається актуальним. Цей вид опалення може бути основним, якщо на ділянці немає підведення центрального газопроводу, або допоміжним за наявності системи опалення з газовим котлом. Пічне опалення допускається встановлювати і в одноповерхових виробничих приміщеннях у сільських населених пунктах з площею опалювальних приміщень до 500 м² за умови, що вказані приміщення віднесені до категорій А, Б і В за вибухопожежною та пожежною небезпекою [1].

Найближчим часом опалювальні печі, частка яких становить 80 % від загальної кількості тепла, яке виробляється у сільській місцевості, будуть ще достатньо широко використовуватися в одно-, двоповерхових будівлях, як в наявному житловому фонді, так і в новому будівництві.

Щорічно з настанням холодів зростає кількість пожеж від пічного опалення. Пожежі, які виникають в житлових будинках, часто призводять до загибелі та травмування людей. За даними статистики [2], в Україні впродовж 9 місяців 2021 року спостерігається збільшення на 35,1 % кількості травмованих людей на пожежах через порушення правил улаштування та експлуатації печей і теплогенеруючих агрегатів та установок. А серед причин виникнення пожеж порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та

експлуатації печей, теплогенеруючих агрегатів та установок становлять 29,2 % (3 868 випадків).

У зв'язку з вищевказаним дослідження пожежної небезпеки пічного опалення з метою вдосконалення протипожежних норм і правил під час проєктування, монтажу та експлуатації опалювальних печей є актуальним.

Метою роботи є дослідження пожежної безпеки при влаштуванні печей та димоходів в будівлях з горючими будівельними конструкціями, а саме: визначення оптимальної товщини протипожежної переділки залежно від товщини виконання матеріалу та його теплофізичних характеристик.

Методи досліджень. Для досягнення мети у роботі використано ряд методів, зокрема, статистичний, системний, порівняльний, а також метод математичного моделювання процесу теплообміну в багат шаровій плоскій конструкції для визначення температури зовнішньої поверхні залежно від товщини та матеріалу димоходу [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналітичний огляд протипожежних вимог до влаштування печей в США на основі трубо-пічного стандарту NFPA 211 «Стандарт для димоходів, камінів, вентиляційних систем і обладнання для спалювання твердого палива» і пічного стандарту ASTM E 1602 «Стандартне керівництво для конструювання кам'яних твердопаливних нагрівачів» приведено у роботі [4]. Згідно з вказаними вимогами, димарі, які прокладені через підлоги і стелі крізь прорізи, що потребують протипожежного захисту, повинні бути обгороджені стінками, які мають межу вогнестійкості не менше однієї години, якщо димар

розташований в будівлі висотою менше за 4 метри, і не менше 2 годин, якщо димар розташований в будівлі висотою більше 4 м.

Протипожежною службою Фінляндії, зазначається у роботі [5], прийнято інструкції та правила про протипожежні відстані між різними печами і конструкціями з горючих матеріалів. Зокрема, відстань між поверхнею печі і дерев'яним перекриттям має бути не меншою за 250 мм. Якщо товщина оболонки печі становить 120...130 мм, то інтервал між боковою стороною печі і дерев'яною конструкцією повинен бути не менший за 150 мм, якщо оболонка печі має товщину 250...270 мм, то її можна зводити безпосередньо біля стіни.

В Україні, згідно з [1, 6], в печах та димових каналах слід приймати такі розміри переділок: 500 мм до конструкцій із горючих матеріалів та 380 мм – до захищених конструкцій.

Основні результати. Пожежна небезпека пічного опалення полягає в наявності високих температур на поверхні елементів печі (стінок, патрубків, труб), які можуть бути джерелом запалювання горючих матеріалів і горючих конструкцій будівель. Температура на поверхні елементів нетепломістких печей залежить від виду палива, що спалюється, режиму паливника печей і може сягати більше 600 °С [7]. Температура в паливнику теплосмних печей може становити понад 1000 °С, а в димовому каналі біля міжповерхового перекриття – 500 °С. Ступінь нагрівання бічних поверхонь і перекриття печі, а також димових каналів залежить від товщини стінок, виду і кількості палива, що спалюється, і тривалості горіння. Нагріті до високих температур елементи печей можуть бути джерелом запалювання матеріалів, наявних в приміщенні, і будівельних горючих конструкцій (стін, перегородок, перекриттів, покрівлі), якщо вони примикають до поверхні печей або димових каналів.

Пожежі, які спричинені пічним опаленням, можна розділити на чотири групи:

1. Загоряння частин будинку від безпосереднього впливу полум'я, паливних газів, іскор. Це може виникнути через тріщини і нещільності в кладці печей, димоходів та розділок.

2. Загоряння і теплове самозагоряння частин будинку в результаті перегрівання справних печей та димоходів за відсутності або недосконалості розділок, відступок, за недостатньої відстані між нагрівальними пристроями та будівельними конструкціями.

3. Загоряння і теплове самозагоряння предметів та матеріалів, розміщених в безпосередній близькості до несправних або перегрітих опалювальних печей і димоходів.

4. Загоряння частин будівель, предметів, матеріалів в результаті потрапляння палива, що горить, іскор, дії променистої енергії або конвекції через експлуатаційні отвори печей і димоходів.

Однак найчастіше причинами пожеж від пічного опалення є відсутність або недостатній розмір розділок, відступок і відстаней між нагрітими поверхнями елементів печі і горючими конструкціями будівлі.

Димар – це постійно діючий енергетичний вузол, розташований на даху, і постійне джерело можливого виникнення пожежі. Можливість виникнення пожежі зростає у зв'язку з тим, що сучасний дах, крім традиційних дерев'яних елементів конструкції, має теплоізоляційний шар, гідроізоляційні та паропроникні плівки, тобто матеріали, які необхідно підбирати з урахуванням їх здатності протистояти займанню. Пожежі в димоходах часто супроводжуються високими температурами, що призводить до займання дерев'яних стін і балок (рис.1). Надзвичайно високі температури, пов'язані з пожежами в димоході, призводять до утворення тріщин в димарі і димоході. Чадний газ утворюється всюди, де спалюється паливо, включаючи камін, дров'яну піч або котел. Зазвичай цей смертоносний газ безпечно виходить в димохід. Але якщо димохід має тріщини, чадний газ може відводиться назад у будинок.



Рисунок 1 – Наслідки порушення правил пожежної безпеки при монтуванні димоходів крізь перекриття з горючих будівельних матеріалів

Одношаровий цегляний димар тривалий час був незамінний. На теперішній час частіше використовують одношарову трубу, монтаж якої виконаний з конструкції, виготовленої на виробництві. Подальше вдосконалення димоходів

пов'язане з появою опалювальних систем, котли яких працюють на газі або нафтопродуктах. До димоходів цих котлів, крім традиційних вимог, актуальною є вимога щодо кислотостійкості. Це і стало причиною появи двошарових труб, в яких зовнішня оболонка надає трубі статичну стійкість, а внутрішня, керамічна оболонка, забезпечує її кислотостійкість. Неправильний монтаж, вибір товщини переділки може бути причиною пожежі. Щоб забезпечити тривалу експлуатацію димоходу і, головне, необхідність його очищення від сажі, що нагромаджується, не більше двох разів в опалювальний сезон, димохід повинен мати хорошу теплоізоляцію у вигляді протипожежної переділки.

Димарі повинні бути вертикальними без уступів із керамічної цегли зі стінками завтовшки не менше ніж 120 мм або з жаростійкого бетону завтовшки не менше ніж 60 мм з влаштуванням в їх основах та димоходах кишені завглибшки 250 мм з отворами для очищення, які зачиняються дверцятами. Допускається застосовувати димоходи із азбестоцементних труб або збірних виробів із нержавіючої сталі заводського виготовлення (двошарових сталевих труб з тепловою ізоляцією із негорючого матеріалу). При цьому температура газів, що вилучаються, не повинна перевищувати 300 °С для азбестоцементних труб та 500 °С для труб із нержавіючої сталі. Застосування азбестоцементних димоходів та димоходів із нержавіючої сталі для печей на вугіллі не допускається [1].

Допускається передбачати відводи димових труб під кутом до 30° по вертикалі з віднесенням не більше ніж 1 м; похилі ділянки повинні бути гладкими, постійного перерізу, площею не меншою за площу поперечного перерізу вертикальних ділянок.

Гирло димових труб слід захищати від прямого попадання атмосферних опадів, а також сторонніх предметів. Зонти, дефлектори та інші насадки димових труб не повинні створювати надлишкового аеродинамічного опору, який може перешкоджати вільному виходу диму. Рекомендується [8] для захисту використовувати оголовки заводського виготовлення з інструкцією підприємства-виробника щодо їх монтажу.

Димові труби для печей на дровах та торфі на будівлях з покрівлями із горючих матеріалів необхідно передбачати з іскровловлювачами з металеві сітки з отворами розміром не більше ніж 5 мм x 5 мм.

Розміри переділок у потовщенні стінки печі або димоходу в місці прилягання будівельних конструкцій слід приймати відповідно до [1]. Переділка повинна бути більшою за товщину перекриття (стелі) на 70 мм. Опирати переділку печі на конструкцію будівлі або жорстко з'єднувати з

нею не допускається.

Переділки для печей та димових труб, які встановлені у прорізах стін та перегородок з горючих матеріалів, необхідно передбачати на всю висоту печі або димової труби в межах приміщення (рис. 2). При цьому товщину переділки слід приймати не меншою за товщину зазначеної стіни або перегородки.

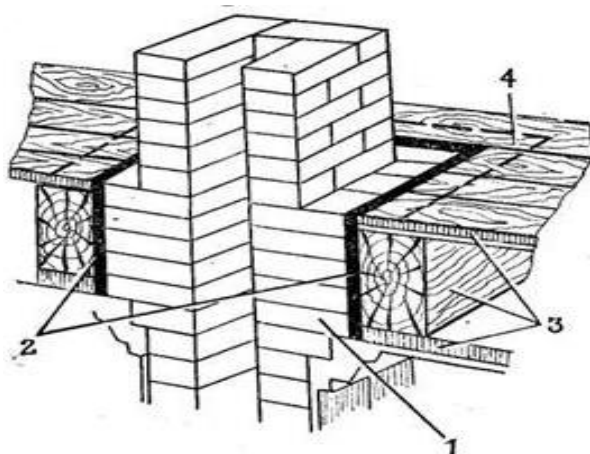


Рисунок 2 – Схема влаштування горизонтальної протипожежної переділки в міжповерховому перекритті: 1 – переділка; 2 – ізоляція з азбесту або повсті, вимоченої в глиняному розчині; 3 – горюче або важкогорюче перекриття; 4 – негорюча підлога

Щілини між перекриттями, стінами, перегородками та переділками необхідно передбачати з заповненням із негорючих матеріалів.

У роботі розрахунково визначено температуру на зовнішній поверхні протипожежної переділки залежно від її розмірів та геометричної форми перерізу димоходу при температурі димових газів до 450° С [9]. Така температура створюється при роботі котлів та печей в турборежимі. Дослідження проводилися для димоходів із різних матеріалів, зокрема: з керамічної цегли різної товщини, з керамічної цегли і шару цементно-піщаної штукатурки, з керамічної цегли і переділки із бетону, із керамічної цегли і переділки із мінеральної вати, із жаростійкого бетону і переділки з мінеральної вати, із сталі товщиною 0,001 м.

Для мурування димоходу використовували керамічну цеглу, яка за теплотехнічними властивостями належить до групи ефективні виробів (коефіцієнт теплопровідності – 0,455 Вт/м·К), клас середньої густини 1,2, середня густина виробів 1200 кг/м³[10]. Теплопровідність цементно-піщаної штукатурки – 0,405 Вт/м·К, теплопровідність жаростійкого бетону – 1,5 Вт/м·К, теплопровідність мінеральної вати – 0,056 Вт/м·К[11, 12].

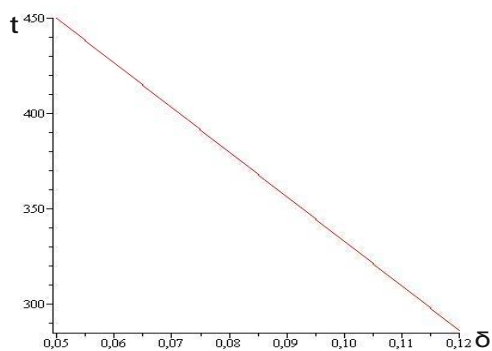
Для визначення температури зовнішньої поверхні димоходу необхідно провести

математичне моделювання процесу теплообміну в конструкції димоходу з урахуванням його геометричних розмірів, теплофізичних характеристик та форми поперечного перерізу. Оскільки температура всередині димоходу є сталою, то для визначення розподілу температурного поля необхідно знайти розв'язок диференціального рівняння теплопровідності $(\lambda t')' = 0$ – для прямокутних димоходів та $\frac{1}{r}(r\lambda t')' = 0$ – для димоходів циліндричного поперечного перерізу. Для знаходження розв'язків цих рівнянь необхідно додати крайові умови. Оскільки температура всередині димоходу є сталою і становить $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ застосуємо крайову умову першого роду, яка полягає у заданні температури на внутрішній поверхні конструкції. На зовнішній поверхні теплообмін відбувається за законом

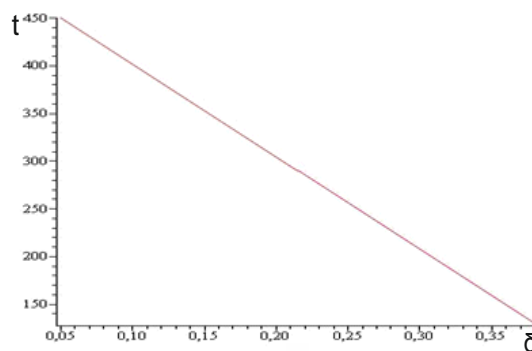
Ньютона-Ріхмана при температурі навколишнього середовища $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та коефіцієнті теплообміну $25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$. Знаходження розв'язків цих рівнянь детально описано в роботах [3, 9].

Використовуючи розв'язки рівнянь та систему математичної алгебри було здійснено математичне моделювання розподілу температурного поля по товщині димоходу з урахуванням його геометричних розмірів, теплофізичних характеристик та форми поперечного перерізу.

Розрахунково встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною $0,12\text{ м}$, становить $286\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.3 а), а температура на зовнішній поверхні димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною $0,38\text{ м}$, становить $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.3 б), і є небезпечною для горючих конструкцій.



3 а.



3 б.

Рисунок 3 – Залежність температури від товщини димоходу, виконаного: (а) із керамічної цегли товщиною $0,12\text{ м}$; (б) – виконаного із керамічної цегли товщиною $0,38\text{ м}$

Розрахунково встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною $0,38\text{ м}$, та оштукатуреного шаром цементно-піщаної штукатурки товщиною 2 см , становить $128\text{ }^{\circ}\text{C}$

(рис.4 а), а температура на зовнішній поверхні димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною $0,51\text{ м}$ становить $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.4 б). Такі температури є небезпечні для конструкцій із горючих матеріалів.

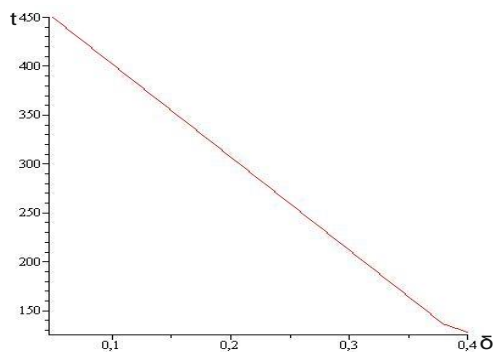


Рис.4 а.

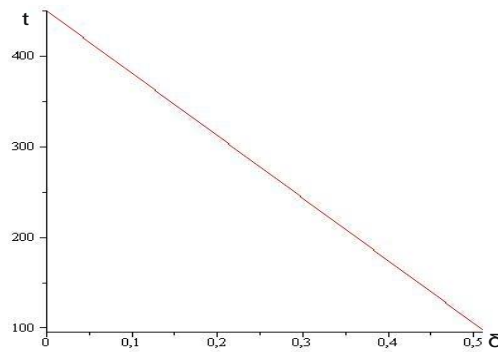


Рис.4 б.

Рисунок 4 – Залежність температури від товщини димоходу, виконаного: (а) із керамічної цегли товщиною $0,38\text{ м}$ та оштукатуреного шаром цементно-піщаної штукатурки товщиною 2 см ; (б) – із керамічної цегли товщиною $0,51\text{ м}$

Розрахунково встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною 0,58 м становить 90°C (рис.5. а) і є безпечною для конструкцій із горючих матеріалів. А температура на зовнішній поверхні

димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною 0,12 м і переділки із бетону товщиною 0,5 м, становить 160°C (рис.5. б), і є небезпечною для конструкцій із горючих матеріалів.

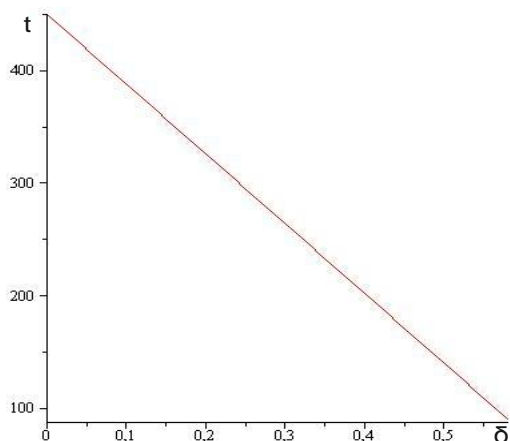


Рис.5 а.

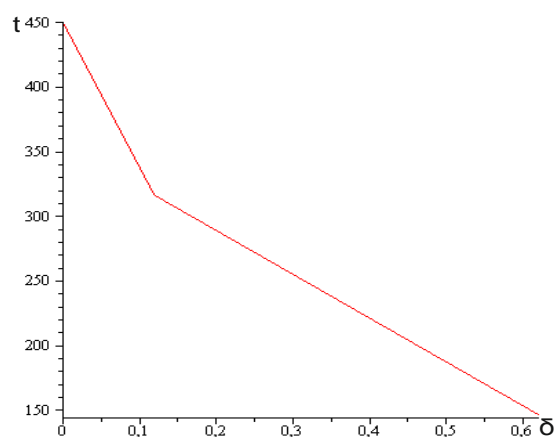


Рис.5 б.

Рисунок 5 – Залежність температури від товщини димоходу, виконаного: (а) із керамічної цегли товщиною 0,58 м; (б) – із керамічної цегли товщиною 0,12 м та переділки із бетону товщиною 0,5 м.

Розрахунково встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу виконаного з керамічної цегли товщиною 0,12 м і переділки із мінеральної вати товщиною 0,10 м, становить 67°C (рис.6 (а)), і є безпечною для конструкцій із горючих матеріалів. Також встановлено, що температура на

зовнішній поверхні димоходу виконаного із жаростійкого бетону товщиною 0,06 м становить 190°C (рис.6 (б)), і є небезпечною для конструкцій із горючих матеріалів та потребує влаштування навколо протипожежної переділки.

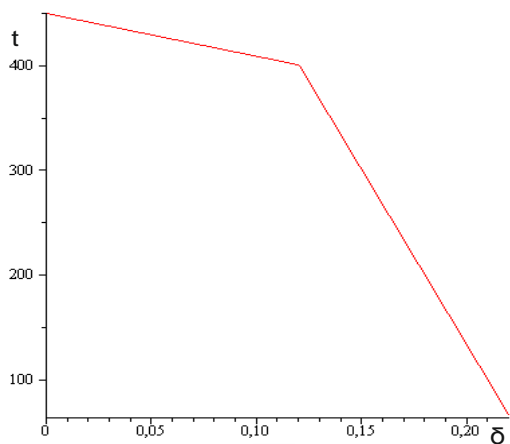


Рис.6 а.

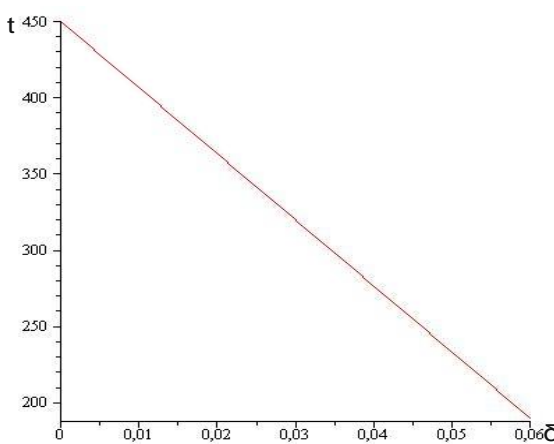


Рис.6 б.

Рисунок 6 – Залежність температури від товщини димоходу, виконаного: (а) – із керамічної цегли товщиною 0,12 м та переділки із мінеральної вати товщиною 0,10 м та (б) – із жаростійкого бетону товщиною 0,06 м.

Розрахунково встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу, виконаного із жаростійкого бетону товщиною 0,06 м, та переділки із мінеральної вати товщиною 0,1 м, становить 64°C

(рис.7 а), і є безпечною для конструкцій із горючих матеріалів. Також встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу діаметром 0,1 м, виконаного із сталі товщиною 0,001 м, становить

449,5⁰C, і є небезпечною для конструкцій із горючих матеріалів (рис.7 (б)).

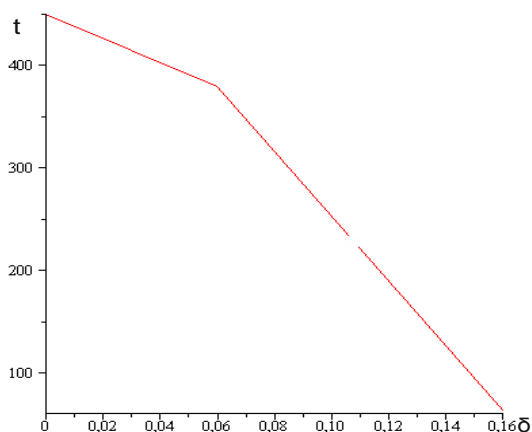


Рис.7 а.

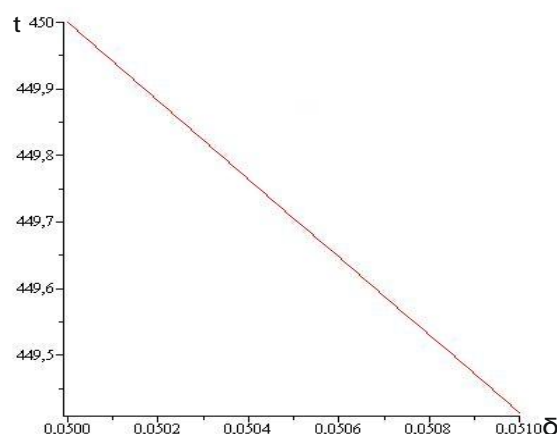


Рис.7 б.

Рисунок 7 – Залежність температури від товщини димоходу, виконаного: (а) – із жаростійкого бетону товщиною 0,06 м та переділки з мінеральної вати товщиною 0,1 м та (б) – із сталі товщиною 0,001 м.

Розрахунково встановлено, що температура на зовнішній поверхні димоходу діаметром 0,1 м, виконаного із сталі товщиною 0,001 м, та переділки із мінеральної вати товщиною 0,1 м, становить 25⁰C (рис.8), і є безпечною для конструкцій із горючих матеріалів.

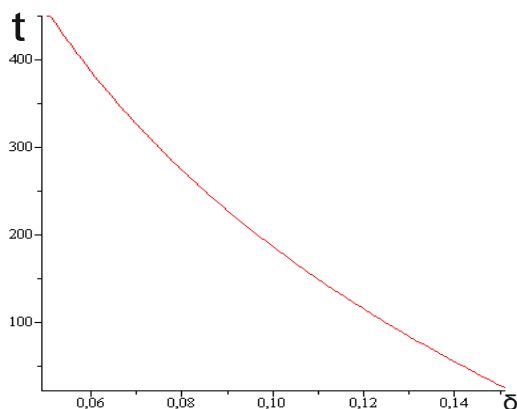


Рисунок 8 – Залежність температури від товщини димоходу діаметром 0,1 м, виконаного із сталі товщиною 0,001 м

Порівнюючи рисунки 6а та 8 виникає запитання, чому димохід з керамічної цегли та переділки із мінеральної вати має вищу температуру на поверхні переділки ніж димохід із сталі і такою ж самою товщиною мінеральної вати. Це пояснюється геометричною формою виконання димоходу. Відповідно до теорії теплообміну [13], у випадку прямокутного димоходу густина теплового потоку, яка потрапляє на внутрішню поверхню, проходить крізь конструкцію прямолінійно і не розсіюється. При циліндри-

чному виконанні димоходу, густина теплового потоку, буде розсіюватись, що пояснюється різницею площ внутрішньої та зовнішньої поверхонь.

Висновок. Для запобігання пожежам, які спричинені неправильно прокладеними димоходами та опалювальними печами, влаштованими в будівлях з горючими будівельними конструкціями, необхідно регулярно проводити перевірки опалювального приладу і димоходу, правильно підбирати потужності опалювального приладу та правильно його експлуатувати.

На основі наведених математичних моделей визначено оптимальну товщину протипожежної переділки навколо димоходу, встановлено, що на підбір товщини суттєво впливають теплотехнічні властивості будівельних матеріалів, із яких виконано димохід та переділку. Показано, як з допомогою математичного моделювання процесу теплообміну за необхідності можна встановити температуру на поверхні димоходу з будь-якого будівельного матеріалу. Встановлено, що димоходи, які мають форму циліндра, менше нагріваються порівняно з прямокутними.

Список літератури:

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування». [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, Мінрегіон України. 2013. 140 с. (Інформація та документація).
2. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 9 місяців 2021 року: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2021/Ctatuctuka/Analitichna%20dovidka%20pro%20pojeji_09.2021.pdf. (дата звернення: 15.10.2021).

3. Тацій Р.М., Кусій М.І., Пазен О.Ю. Визначення теплообміну в багат шаровій нескінченній плиті з дискретно-неперервним розподілом тепла. Пожежна безпека. 2012. №20. С.20–26.

4. Хошев Ю.М. Трубо-печные противопожарные требования в США. Аналитический обзор применительно к деревянным печам. Москва: МГП, 2018. 64 с.

5. Мякеля К. Печи и каминны: Справ. пособие. М: Стройиздат, 1987. 104 с.

6. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні: наказ МВС України від 30.12.2014 р. № 1417. Видавництво «Форт», 2015. 120 с.

7. Сидорук В.И. Пожарная профилактика систем отопления. Москва: Стройиздат, 1988. 79 с.

8. Семичаевський С. Протипожежні заходи під час встановлення та експлуатації систем опалення на промислових підприємствах. Охорона праці і пожежна безпека. 2018. №11. С.34–37.

9. Pazen O. Yu., Tatsii R. M. Generalboundary-value problems for the heat conduction equation with piecewise-continuous coefficients. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2016 vol. 89, no. 2. pp. 357-368. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10891-016-1386-8>.

10. ДСТУ Б В. 2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ) Цегла та камені рядові та лицьові. Технічні вимоги. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. 2009. 40 с. (Інформація та документація).

11. ДСТУ Б В.2.7-23-95 Розчини будівельні. Загальні технічні умови. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. Київ Держкоммістобудування України. 1996. 10 с. (Інформація та документація).

12. ДСТУ Б В.2.7-249:2011 Бетони жаростійкі. Технічні умови. [Чинний від 2012-12-01]. Вид. офіц. Київ Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2012. 25 с. (Інформація та документація).

13. Тацій Р. М., Стасюк М. Ф., Пазен О. Ю., Шипот Л. С. Визначення критичного радіуса теплової ізоляції для багат шарових тіл циліндричної та сферичної форм. Вісник ЛДУ БЖД. 2020. №21. С. 79–85.

References:

1. DBN V.2.5-67:2013 Опалення, вентильація та кондиціонування». [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, Міністерство України. 2013. 140 с. (Інформація та документація).

2. Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 9 misyatsiv 2021 roku: https://idundcz.dsns.gov.ua/files/2021/Ctatuctuka/Analitichna%20dovidka%20pro%20pojeji_09.2021.pdf. (data zvernennya : 15.10.2021).

3. Tatsiy R.M., Kusiy M.I., Pazen O.YU. Vyznachennya teploobminu v bahatosharoviy neskinchennyi plyti z dyskretno-neperervnym rozpodilom tepla. Pozhezhna bezpeka. 2012. №20. S.20–26.

4. Khoshev YU.M. Trubo-pechni protypozharni vymohy v SSHA. Analitichnyy ohlyad pryemnytel'no do drov'yanym pecham. Moskva: MHP, 2018. 64 s.

5. Myakelya K. Pechy i kamyny: Sprav. posobyе. M: Stroyzdat, 1987. 104 s.

6. Pro zatverdzhennya Pravyl pozhezhnoyi bezpeky v Ukraini: nakaz MVS Ukrainy vid 30.12.2014 r. № 1417. Vydavnytstvo «Fort», 2015. 120 s.

7. Sydoruk V.Y. Pozharnaya profylaktyka system otopenyya. Moskva: Stroyzdat, 1988. 79 s.

8. Semychayevs'ky S. Protypozhezni zakhody pid chas vstanovlennya ta ekspluatatsiyi system opalennya na promyslovykh pidpryyemstvakh. Okhorona pratsi i pozhezhna bezpeka. 2018. №11. S.34–37.

9. Pazen O. Yu., Tatsii R. M. Generalboundary-value problems for the heat conduction equation with piecewise-continuous coefficients. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2016 vol. 89, no. 2. pp. 357-368. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10891-016-1386-8>.

10. DSTU B V. 2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ) Tsehla ta kameni ryadovi ta lyts'ovi. Tekhnichni vymohy. [Chynnyy vid 2010-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy. 2009. 40 s. (Informatsiya ta dokumentatsiya).

11. DSTU B V.2.7-23-95 Rozchyny budivel'ni. Zahal'ni tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 1996-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv Derzhkommistobuduvannya Ukrainy. 1996. 10 s. (Informatsiya ta dokumentatsiya).

12. DSTU B V.2.7-249:2011 Betony zharostiyki. Tekhnichni umovy. [Chynnyy vid 2012-12-01]. Vyd. ofits. Kyiv Ministerstvo rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy 2012. 25 s. (Informatsiya ta dokumentatsiya).

13. Tatsiy R. M., Stasyuk M. F., Pazen O. YU., Shypot L. S. Vyznachennya krytychnoho radiusa teplovoyi izolyatsiyi dlya bahatosharovykh til tsylindrychnoyi ta sferychnoyi form. Visnyk LDU BZHD. 2020. №21 . S. 79–85.

* **Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 11.11.2021 р.