

ПУСТОТИ В БУДІВЛЯХ, ЯК ШЛЯХИ ПРИХОВАНОВОГО ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ



Рудешко Ірина Вікторівна, старший викладач кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна



Отрош Юрій Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна

АННОТАЦИЯ: Проведен аналітичний огляд і аналіз пожеж в будівлях старої застройки. Исследован механизм скрытого распространения пожаров по пустотам зданий и сооружений. Доказано, что скрытое распространение пожара способствует позднему выявлению пожара, значительным материальным убыткам и человеческим жертвам. Скрытое распространение пожаров по пустотам конструкций наблюдается как в старых, так и новых зданиях. Одной из тенденций развития нормативных требований развитых стран (Великобритании, США) является создание противопожарных требований к зданиям, имеющих историческую ценность.

Ключевые слова: пожарная безопасность, техногенная безопасность, огнестойкость, огнезащита, реконструкция, скрытое распространение пожара, пустоты, пустотные конструкции, деревянные перекрытия, огнезащита древесины.

АНОТАЦІЯ: Проведено аналітичний огляд і аналіз пожеж в будівлях давньої забудови. Досліджено механізм прихованого розповсюдження пожеж у пустотах будівель та споруд. Доведено, що приховане розповсюдження пожежі сприяє пізньому виявленню пожежі, значним матеріальним збиткам та людським жертвам. Приховане розповсюдження пожеж по пустотах конструкцій спостерігається як у старих, так і нових будівлях. Серед тенденцій розвитку нормативних вимог розвинутих держав (Великобританії, США) є створення протипожежних вимог щодо будівель, які мають історичну цінність.

Ключові слова: пожежна безпека, техногенна безпека, вогнестійкість, вогнезахист, реконструкція, приховане розповсюдження пожежі, пустоти, пустотні конструкції, дерев'яні перекриття, вогнезахист деревини.

ABSTRACT: An analytical review and analysis of fires in buildings of ancient development was carried out. The mechanism of hidden propagation of fires in the caverns of buildings and structures was explored. It is proved that the hidden propagation of the fire contributes to the late detection of fire, significant material damage and human casualties. The hidden propagation of fires through the void of structures is observed in both old and new buildings. Among the trends in the development of regulatory requirements of developed countries (Great Britain, USA) is the creation of fire-prevention requirements for buildings of historical value.

Key words: fire safety, technogenic safety, fire resistance, fire protection, reconstruction, hidden propagation of fire, void, hollow constructions, wooden ceilings, fire protection of wood.

Вступ. Постановка проблеми.

Під час експлуатації будівель за умови виникнення пожежі, будівельні конструкції піддаються впливу епізодичних навантажень і впливів, які виникають внаслідок пожеж, і стають вирішальними стосовно міцності та довговічності [4].

Темпи старіння існуючого житлового фонду перевищують темпи введення в експлуатацію нового житла. Про проблеми відновлення існуючого житлового фонду говорить той факт, що багато міст зайняті підготовкою програм комплексної реконструкції. В даний час на експериментальних об'єктах проводиться відпрацювання найбільш раціональних схем реконструкції. Стало зрозуміло, що реконструкція – це проблема сьогодення, і вирішувати її необхідно якнайшвидше.

Відповідно постають і набувають важливого значення питання пожежної та техногенної безпеки. Збільшується поверховість житлових будівель, площа протипожежних відсіків, а відповідно змінюються і вимоги нормативних документів щодо ступеня вогнестійкості реконструйованих будівель. Відповідно виникає необхідність в розробці проектів вогнезахисту будівельних конструкцій для забезпечення вимагаемого ступеня вогнестійкості. Також змінюється функціональне призначення реконструйованих будівель, внаслідок чого змінюються вимоги пожежної безпеки до даних об'єктів. Наприклад, складська чи промислова будівля реконструюється під торгово-розважальний центр з великим скупченням людей та горючих матеріалів. Відповідно збільшуються вимоги щодо шляхів евакуації, кількості евакуаційних виходів, пропускної здатності до шляхів евакуації в залежності від щільності людського потоку.

У нинішніх економічних умовах особливу актуальність набуває розробка стратегії комплексного рішення проблеми нового житлового будівництва і збереження існуючого житлового фонду з реконструкцією будинків перших масових серій і великопанельних будинків наступних серій у напрямку підвищення їх споживчих якостей, продовження життєвого циклу, зниження експлуатаційних витрат, поліпшення їх архітектурного вигляду та забезпечення пожежної безпеки.

Аналіз статистики пожеж у житлових будинках показав, що факторами, які сприяли трагічному розвитку подій, були: недостатня вогнестійкість будівельних конструкцій та інженерного обладнання, наявність великих внутрішніх об'ємів, що не розділені протипожежними перегородками, наявність підвісних стель з горючих матеріалів, велика кількість горючого обладнання, меблів, облицювання.

Прикладом може слугувати пожежа в м. Миколаєві. Низька вогнестійкість та швидке поширення вогню по незахищеним дерев'яним конструкціям покриття (кроквам, обрешітці, стойкам) п'ятиповерхової будівлі (будівлі перших масових серій) сприяли розвитку пожежі, яка сталася внаслідок вибуху. Відбулися і інші пожежі в будівлях даного типу, внаслідок яких відбувалося поширення пожежі по незахищеним дерев'яним конструкціям на всю будівлю або інші будівлі та вигорання цих будівель в цілому.



Рис.1 Приклад пожежі у п'ятиповерховому житловому будинку із дерев'яним перекриттям та покриттям.



Рис.2. Приклад пожежі у п'ятиповерховому житловому будинку із дерев'яним перекриттям та покриттям.

Для захисту об'єктів будівництва від пожеж в нашій країні і за кордоном розроблені і науково обґрунтовані нормативні вимоги щодо пожежної безпеки будівель і споруд [5]. Недоліком цих вимог є неможливість їх використання у повному обсязі для зниження пожежної небезпеки будівель і споруд, які були побудовані в далекому минулому із врахуванням вимог пожежної безпеки того часу, або взагалі без дотримання будь-яких вимог.

У випадку виникнення пожежі у таких будівлях вогонь і продукти горіння розповсюджуються також приховано по пустотах будівельних конструкцій і тривалий час перебувають непоміченими. Внаслідок чого, будівля частково або повністю пошкоджується вогнем, що дуже часто супроводжується масовою загибеллю людей.

Метою роботи є встановлення механізму та причин розповсюдження полум'я по пустотах будівельних конструкцій.

Основна частина. Протипожежні заходи, що пов'язані із наявністю пустот у дерев'яних конструкціях і перегородках у будівлях кінця 40-х – початку 50-х років були сформульовані у класичному підручнику [2]. З того часу дещо змінилося, дещо залишилося без змін. У будівлях з'явилися нові пустотілі об'єкти – кабельні тунелі, підвісні стелі, навісні фасади. Таким чином, пустоти є не тільки у будівлях давньої забудови із перекриттями по дерев'яних балках, але і у сучасних багатоповерхових будівлях із залізобетону.

На початковій стадії пожежі в приміщенні, повітря збільшується у об'ємі і утворює надлишковий тиск. Спочатку нагріте повітря і продукти горіння заповнюють об'єм приміщення. Потім, вони починають виходити через нещільності у стиках конструкцій, зазори у притулах, повітропроводи і інші отвори, розповсюджуючись по будівлі [1].

Наприклад, велика пожежа відбулася у 54-х поверховому будинку Нью-Йорка у New York Plaza. Зовнішню стіну будівлі було зроблено таким чином, що між декоративними зовнішніми елементами і несучою конструкцією була утворена решітка із горизонтальних та вертикальних каналів. Ці канали пронизували всю будівлю по висоті і ширині. Крім того, вони суміщалися із горизонтальними вентиляційними каналами, розташованими на кожному поверсі вище за підвісною стелею. Спочатку пожежа виникла у повітропроводі над підвісною стелею, в якій були прокладені повітропроводи і електрокабелі. Отвори у зовнішніх стінах, до яких підводилися ці канали, були теплоізолювані листами пінополістиролу з декоративним покриттям із тонкого алюмінієвого листа. Під час розвитку в осередку пожежі пінополістирол швидко вигорів, покриття зруйнувалося [6].

Також, у березні 1997 року в Лондоні горіла одна із будівель Crown Estates. Пожежу на кухні першого поверху швидко погасили бійці пожежного підрозділу. Але потім дим почав проникати по центральному повітропроводу на верхні поверхи. Поки пожежні досліджували ситуацію, на першому і третьому поверхах, з-під стін вирвався вогонь. Подальше розслідування пожежі показало наявність пустот між зовнішньою стінкою передніх і внутрішніх перегородок. Ці пустоти були завдовжки 6 м і глибиною 300 мм. Вони розповсюджувались по всій висоті будівлі і в них на різних поверхах були розташовані різні комунікації (труби, кабелі, центральні канали повітряного опалення тощо, все, крім вогнезатримуючих конструкцій). Пустоти було замасковано і відокремлено від жилих приміщень влаштуванням штукатурки по дротяній сітці, встановленням гіпсокартонних або фанерних панелей по дерев'яних стійках. Повітропровід системи центрального опалення мав виходи на поверхах із стінових пустот до пустот стель і підлоги. Вогонь на кухні пошкодив фіброкартонну підвісну стелю, потрапив до пустоти на цьому рівні і поширився непоміченим до суміщеної із дахом пустоти вище четвертого поверху, а потім до жилих приміщень. Повітропроводи центрального опалення почали руйнуватися одночасно у декількох місцях [7].

Пожежа у старовинному маєтку XVIII сторіччя графства Суррей у 1998 році почалася на першому поверсі і розвинулась ще до прибуття пожежних підрозділів. Не

зважаючи на успішні дії бійців, вогонь непомітно потрапив до пустот стін і підлоги. Протягом багатьох років будівлю кілька разів перебудовували. Були встановлені шахти ліфтів і повітропроводи. Простір між балками підлоги і стелі складав більше за 45 см. Дерев'яна підлога була вкрита мідним настилом. Все це сприяло дуже швидкому і непомітному розповсюдженню пожежі з одного поверху на інший. Покрівля зайнялася ще до прибуття пожежних підрозділів. Металеві настили підлоги запобігали локалізації пожежі у пустотах; вогонь непомітно пройшов повз місце, де працювали пожежні, і вирвався назовні у інших приміщеннях [6].

У жовтні 1997 року пожежні Лондонського Вест-Енду швидко погасили пожежу, що сталася у підвалі цегляної багатоповерхової будівлі із дерев'яними балками перекриття. Але, подальше провітрювання приміщень сприяло збільшенню задимленості верхніх поверхів. Це спричинила система пустот стін і підлоги. В результаті вогонь спочатку з'явився на деяких поверхах, а потім охопив всю будівлю [6]. Внаслідок цього, будівлі частково або повністю руйнуються, що у багатьох випадках спричиняє масову загибель людей.

Таким чином можна зробити висновок, що під час пожеж у будівлях давньої забудови вогонь і дим розповсюджуються в конструкціях приховано, завдяки великій кількості пустотних конструкцій, які сполучаються між собою. Такими конструкціями є пустотні перекриття і перегородки. Найбільшу пожежну небезпеку являють собою міжповерхові перекриття. По їх пустотах пожежа може розповсюдитися навіть за межі поверху. Під час пожежі дерев'яні конструкції перекриття прогорають, тобто, втрачають свою цілісність. Це відбувається внаслідок того, що вогонь діє на міжповерхове перекриття знизу. Продукти горіння потрапляють у середину пустотної конструкції, розповсюджуються по ній і розігрівають її зсередини. При цьому посилюється тепловий вплив на балки і конструкцію підлоги. Балки обуглюються, зменшуються у перерізі і зменшують свою несучу здатність. Вогнестійкість перекриття у такому випадку буде визначатися несучою здатністю підлоги, а початок прихованого розповсюдження пожежі по будівлі – часом прогару пустотної конструкції.

Відповідно, для підвищення вогнестійкості будівель із пустотними конструкціями потрібно збільшувати межу вогнестійкості конструкцій за втратою цілісності, що буде сприяти обмеженню прихованого розповсюдження пожежі по будівлі.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що найбільш ефективним способом вогнезахисту дерев'яних конструкцій є конструктивний вогнезахист, що дозволяє досягнути необхідної межі вогнестійкості конструкції. Це досягається збільшенням перерізу конструкцій, облицюванням негорючими матеріалами і штукатуркою, а також використанням діафрагм і негорючих заповнювачів для обмеження прихованого розповсюдження пожежі. Незважаючи на високу ефективність такого методу, його використання не завжди виправдано внаслідок високої собівартості, не технологічності, а також пов'язано із зміною конструктивних і естетичних особливостей будівель.

Національна асоціація страхових компаній Великобританії (The Association of British Insurers) вивчила ризики пожеж кабельних ліній комунікаційних систем [8]. Особлива увага була надана кабельним лініям, що розташовуються у підлозі, стелі і у внутрішніх пустотах будівель. Звернута увага на складність виявлення загорання комунікаційних ліній, розташованих у кабельних каналах. Необхідність оцінювання ризиків пояснюється широким використанням у сучасних багатоповерхових будівлях

локальних обчислювальних мереж із значною кількістю кабельних ліній, а також розміщення в каналах із різними характеристиками кабельних ліній різного призначення.

Національна асоціація протипожежних служб США (NFPA) періодично обновляє існуючі стандарти і Правила пожежної безпеки. Документ NFPA 914 відображає вимоги для забезпечення пожежної безпеки будівель, що мають історичну цінність [9].

На основі аналізу ринку вогнезахисних матеріалів та технологій в роботі пропонується конструктивний вогнезахист пустотних конструкцій матеріалами, що не поступаються за своєю технологічністю пінопластам, але при цьому являються не горючими і не виділяють токсичних продуктів під час пожежі. Задля цієї мети, враховуючи специфіку будівель старої забудови, розроблено конструктивний вогнезахист, що дозволяє вводити у порожнини будівельних конструкцій негорючий матеріал, який має високу вогнестійкість і не змінює обличчя будівлі.

Для зменшення пожежної небезпеки дерев'яних перекриттів і перегородок рекомендується:

- зменшувати кількість горючих речовин, що можна досягнути заміною спалимого настилу на неспалимий, тобто, замість настилу із дерев'яних листів зробити настил із шлакобетонних та гіпсолітових плит;
- розділяти повітряні прошарки на відсіки діафрагмами із шлакової крихти, оскільки діафрагми не повинні перешкоджати повітрообміну у вентильованих порожнинах конструкцій;
- при влаштуванні пустотних перегородок потрібно розділяти пустоти діафрагмами на окремі відсіки площею не більше за 2 м² і виключати суміщення із пустотами перекриття.

Пропонується застосовувати спосіб герметизації будівельних конструкцій силікатно-твердіючою піною на основі рідкого скла. Реалізація даного способу дозволяє збільшити час досягнення критичної температури спалахування деревини у 1,3-1,5 разів [1].

Процес термічного розкладу деревини протікає у дві фази: перша фаза розпаду спостерігається при нагріванні до 250 °С (до температури займання) та йде із поглинанням тепла; друга – процес горіння, йде із виділенням тепла. Вона в свою чергу розділяється на **два періоди**: згоряння газів, що утворюються при термічному розкладі деревини (полуменева фаза горіння) та згоряння утвореного вугілля (фаза тління) [10].

Підвищуючи вихід важкозаймистого вугілля за рахунок відповідного зменшення кількості горючих газоподібних продуктів розкладу, що обумовлюють основну полуменеву фазу горіння деревини, можна значно понизити горючість деревини. На цьому заснований хімічний вогнезахист деревини із застосуванням **антипіренів**, тобто речовин, котрі здатні під час хімічної взаємодії із деревиною або продуктами її розпаду, при Т 250-300 °С підвищувати вихід важкозаймистого вугілля за рахунок зменшення кількості смоли та горючих газоподібних продуктів розпаду.

Під час захисту деревини від нагрівання виключають її розкладання із утворенням горючих газів та горіння. На цьому принципі засноване застосування термоізолюючих покриттів, що наносять мокрим та сухим способами. Переваги таких покриттів – захист деревини від безпосереднього впливу вогню та захист її від нагрівання зовнішнім джерелом тепла. Як недолік, що суттєво знижує високу вогнезахисну ефективність

термоізолюючих покриттів, є їх передчасне відшарування та руйнування місцевого характеру.

В якості антипіренів застосовують буру, хлористий амоній, фосфорнокислі натрій і амоній, сірчаноокислий амоній. Вогнезахисні суміші – пасти, фарби, готують на основі в'язучого наповнювача та антипірену. Вогнезахисна дія антипіренів заснована на тому, що вони при нагріванні створюють оплавлену плівку, яка закриває доступ кисню до деревини; інші ж при високій температурі виділяють гази, запобігаючи горінню деревини [10].

Також пропонуються конструктивні заходи – віддалення дерев'яних конструкцій частин будівлі від джерел нагрівання. Традиційними є покриття дерев'яних конструкцій штукатуркою на основі цементно-піщаних, глинистих сумішей, гіпсокартоном, азбестовим картоном, азбестоцементними листами. При товщині 10 мм вони збільшують межу вогнестійкості на 20...30 хв.

Висновки:

1. Приховане розповсюдження пожежі по пустотах конструкцій властиве, як для старовинних, так і для нових будівель. Наявна велика кількість старовинних будівель, для котрих виконання протипожежних норм неможливе без зміни історичного вигляду, а під час гасіння пожежі вимагається мінімум пошкоджень. Тому, особливо важливе значення має виконання заходів протипожежного захисту для цих будівель.

2. До основних факторів, що сприяють розповсюдженню пожежі по пустотах відносяться: наявність горючого сміття у порожнинах, використання горючої теплоізоляції, влаштування порожнин, які сполучуються між собою.

3. Для підвищення вогнестійкості будівель із пустотними конструкціями потрібно збільшувати межу вогнестійкості конструкцій за втратою цілісності, що буде сприяти обмеженню прихованого розповсюдження пожежі по будівлі. Встановлено, що вогнестійкість пустотних міжповерхових покриттів визначається, у першу чергу, втратою цілісності.

4. Використання горючих матеріалів у якості конструктивного вогнезахисту призводить до збільшення межі вогнестійкості за втратою цілісності у 1,2-1,3 рази. Утворення прогару у таких конструкціях призводить до з'явлення об'ємного спалаху і збільшенню площі пожежі.

5. Для успішного гасіння пожежі важливе значення має заздалегідь розроблений план пожежогасіння, що враховує розташування пустот у будівлі.

6. Серед тенденцій розвитку нормативних вимог розвинутих держав (Великобританія, США), спостерігається розроблення протипожежних вимог щодо історичних будівель. Ймовірно, для збереження вітчизняної архітектурної спадщини таку можливість слід розглядати і для України.

Перелік використаної літератури

[1] Заятдинов О.М. Эффективные пустотные конструкции с ограниченным развитием пожара Автореф. дис. канд. техн. наук. Специальность 05.23.01. – Улан-Удэ, 2004. – 24 с.

[2] Ройтман М.Я. Пожарная профилактика в строительном деле. – М.: Изд-во МКХ РСФСР, 1954. – 304с.

[3] Fatal fire at Russian police HQ // Fire Prev. – 1999. - № 319.

[4] ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування / Мінбуд України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.

- [5] ДБН В.1.1-7:2016 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
- [6] The enemy within: Problems encountered in dealing with structural void fires //Fire/ - 1999/ - Vol.92, №101.
- [7] Void spaces // Fire Fight. Can. – 1990 – Vol.34, №7.
- [8] Wired for safety // Fire Prev. – 2001 № 341.
- [9] Watts John M.(Jr), Solomon Robert E. Fire safety code for historic structures // Fire Technol. – 2002. – Vol.38, №4.
- [10] Отрош Ю. А. Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах пожежі: [навчальний посібник] /Отрош Ю. А. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2016. – 158с.