

УДК 614.841

Д. П. Дубінін, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-8948-5240)

А. А. Лісняк, к.т.н., доцент, нач. каф. (ORCID 0000-0001-5526-1513)

С. М. Шевченко, викл. каф. (ORCID 0000-0002-6740-9252)

Є. М. Криворучко, викл. каф. (ORCID 0000-0001-7332-9593)

Ю. І. Гапоненко, викл. каф. (ORCID 0000-0003-0854-5710)

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ В БУДІВЛІ

Проведені експериментальні дослідження, щодо виникнення пожежі в житловому будинку в залежності від умов її розвитку. Для проведення досліджень застосовувався макет будинку, що дозволив наочно продемонструвати розвиток пожежі із показом її явищ. Визначено, що розвиток пожежі з обмеженим доступом кисню відбувається з виникненням явищ пожежі, таких як ролловер, флешовер та бекдрафт, а при достатньому доступу кисню відбувається у звичайному режимі. Встановлено, що під час розвитку пожежі спочатку виникає явище ролловер, що пояснюється займанням шару нагрітих газів, потім виникає флешовер, що характеризується спалахом, а стосовно бекдрафт то це явище відбувається за рахунок спалаху незгорілих нагрітих газів з послідуочим вибухом. Здійснено вимірювання температури за допомогою тепловізору FLIR K33 під час розвитку пожежі. Отримані результати показують, що розвиток пожежі з достатнім доступом кисню відбувається до настання максимальної температури в приміщенні з послідуочим зменшенням її за рахунок загасання пожежі або подаванням в осередок пожежі вогнегасних речовин. При розвитку пожежі з обмеженим доступом кисню виникають такі явища, як ролловер, флешовер та бекдрафт. Отримані результати вимірювання під час досліджень розвитку пожежі в залежності від її умов, представлені в якості фотореєстрації зображень з тепловізору так і графічно. Встановлено, що при виникненні явища флешовер, температура спалаху становить 234 °С, а при явищі бекдрафт, температура спалаху незгорілих нагрітих газів з послідуочим вибухом становить 569 °С. Експериментально визначено, що своєчасне охолодження нагрітих газів запобігає виникненню явищ пожежі. Отримані результати проведених експериментальних досліджень дають змогу підвищити рівень професійної майстерності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час проведення оперативних дій з гасіння пожеж в житлових будівлях.

Ключові слова: макет будинку, розвиток пожежі, температура, ролловер, флешовер, бекдрафт

1. Вступ

Пожежі, що виникають в приміщеннях житлових будівель розповсюджуються назовні через 20-30 хвилин при зачинених вікнах та дверях, а при відчинених – протягом декількох хвилин [1]. При проведенні оперативних дій на пожежі особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів знаходиться у небезпеці, внаслідок утворення таких явищ, як займання шару нагрітих газів (ролловер), спалах (флешовер), зворотна тяга та викид полум'я (бекдрафт) [2].

Проблема захисту особового складу пожежно-рятувальних підрозділів від впливу явищ пожежі набуває все більшої актуальності. Це пояснюється тим, що виникнення пожеж в сучасних житлових будівлях розвивається за сценарієм, відмінному від поширення вогню в приміщеннях старої побудови. Однією з причин цього є високий вміст штучних матеріалів в конструкціях будівель. У процесі горіння штучні матеріали у великому обсязі виділяють нагріті газу. Окрім цього, у них дуже висока температура горіння і високий ступінь вивільнення енергії. Так при горінні дерев'яних конструкцій також вивільняється дуже високий ступінь енергії, що призводить до швидкого згоряння кисню. Тому деревина починає тліти, і через нестачу кисню нагріті газу починають виділятися в об'ємі приміщення при цьому відбувається накопичення чадного газу, метану і водню. Всі ці причини зу-

мовлюють ймовірність вибуху нагрітих газів або блискавичне поширення вогню по приміщенню будівлі. Перший або другий вид пожежі розвивається в залежності від того, чи достатній або недостатній доступ кисню до приміщення [3–5].

Захист особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час розвитку пожежі на сьогоднішній день здійснюється за рахунок комплектації спеціальним одягом та спорядженням, апаратами захисту органів дихання, а також технічними засобами пожежогасіння для подачі вогнегасних речовин. Але успіх гасіння при виникненні таких явищ пожежі, як ролловер, флешовер та бекдрафт при її розвитку для особового складу ПРП буде залежати від їхнього навчання та підготовки до реагування на них.

Таким чином, актуальною проблемою є недостатність даних щодо процесів, які відбуваються при розвитку пожеж в будівлях з обмеженим доступом кисню.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогоднішній день в якості підготовки особового складу ПРП за розвитком пожежі та відображення явищ використовують макети будинків [6, 7]. Окрім цього вони також дозволяють розглянути такі питання, як особливості розвитку пожежі в приміщенні за різних умов газообміну, регулювання висоти нейтральної зони та провести аналіз розподілу температури пожежі в приміщенні за висотою.

При розвитку пожежі з обмеженим доступом кисню в приміщеннях будівель можуть утворюватися такі явища пожежі, як ролловер, флешовер та бекдрафт, що мають ознаки та визначення, а саме:

– флешовер – процес розвитку пожежі у приміщенні, при якому усі поверхні горючих речовин досягають температури займання майже одночасно і вогонь миттєво поширюється по всьому простору приміщення (етап переходу пожежі до стану цілковитої участі в горінні усіх поверхонь горючих речовин що знаходяться у приміщенні) [8, 9];

– бекдрафт – вибух із дозвуковою швидкістю в результаті раптового доступу повітря в замкнутий об'єм, який містив продукти неповного згоряння [8];

– ролловер (флеймовер) – стан, при якому продукти піролізу, що утворилися в наслідок горіння, накопичилися у просторі під стелею із достатньою концентрацією (тобто на межі чи вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я), при якому вони займаються та горять. Флеймовер може виникнути без займання або в результаті займання горючих речовин від іншого джерела запалювання [10].

Так в роботі [11] проведені дослідження, щодо залежності якості підготовки рятувальників і отримання травм під час гасіння пожеж. Встановлено, що травми, часто є результатом безлічі факторів, а ефективність заходів реагування залежить від стану здоров'я та підготовленості рятувальників. Тому для якісної підготовки та навчання рятувальників необхідно розробляти, застосувати та розповсюджувати комплексні та багатогранні рішення.

В роботі [12] розглянуті основні прийоми гасіння пожеж, що використовуються особовим складом ПРП. Отримані результати проведених експериментальних досліджень показують, що своєчасне реагування на виникнення пожеж та їх безпосереднє гасіння має найбільший успіх та результат. При цьому якість своєчасного реагування буде залежати від навчання та підготовки особового складу ПРП умовам розвитку пожеж та доцільного використання технічних засобів пожежогасіння.

В роботі [13] представлені результати експериментів із застосуванням макету будинку для визначення зміни температури та відображення явища пожежі бекдрафт з використанням твердих поліпропіленових гранул як палива. На підставі вимірювання температури при розвитку пожежі в середині макету будинку графічно встановлено, що умови виникнення бекдрафт можуть бути досягнуті на ранніх стадіях пожежі до тих пір, поки буде досягнута відповідна температура, при значно нижчих температурах, ніж ті, що утворюються під час спалаху. Окрім цього конструктивна побудова макету будинку не дозволяє наочно продемонструвати явище пожежі бекдрафт, а також ролловер і флешовер.

В роботі [14] проведені дослідження із спалюванням ліжка з деревини всередині макету будинку. Для спостереження за розвитком пожежі в макеті будинку передбачено глухе скляне вікно. Отримані результати досліджень показують, що в роботі досліджувалося явище пожежі бекдрафт шляхом виходу диму, горючих газів, вогню крізь отвори, що зроблені для надходження повітря. При цьому закриття отворів не відбувалося, а в процесі розвитку пожежі також здійснювалося вимірювання її температури, що насамперед не розкриває повністю наочний показ явища пожежі бекдрафт. Також зазначено, що розуміння особовим складом ПРП розвитку пожежі із обмеженим доступом кисню дозволить здійснити оцінити небезпеку при вході у будівлю із прийняттям відповідних оперативних дій.

В роботі [15] представлені експериментальні дослідження із використанням водяного туману для запобігання виникненню явища пожежі, бекдрафт в приміщеннях будівель. Для проведення досліджень застосовувався макет будинку розмірами 1,2×0,6×0,6 м. Результати досліджень показують, що вплив водяним туманом на нагріті горючі гази, що утворюються внаслідок розвитку пожежі без доступу кисню, дозволяє запобігти виникненню явища пожежі бекдрафт, за рахунок розведення цього газу в будинку. В дослідженнях явище бекдрафт було визначено за рахунок вимірювання таких показників, як температури верхнього та нижнього шару, концентрації кисню, вуглекислого газу та окису вуглецю.

Таким чином, невирішеною частиною проблеми є недослідженість та неможливість візуального спостереження за процесами, що відбуваються при розвитку пожежі в будівлях з обмеженим доступом кисню.

3. Мета та завдання дослідження

Метою даної роботи є експериментальне дослідження процесів, що відбуваються при розвитку пожежі в будівлях з обмеженим доступом кисню.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– провести експериментальні дослідження процесів розвитку пожежі із застосуванням макету будинку;

– провести експериментальні вимірювання температури в макеті будинку під час пожежі в залежності від умов її розвитку.

4. Матеріали і методи досліджень процесів, що відбуваються при розвитку пожежі

Опис макету будинку. Макет будинку для дослідження явищ пожежі представлено на рис. 1, що розроблений на кафедрі пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт. Макет будинку виготовлений з металу та складається з стін будинку 1, даху 2, із з'ємної задньої стінки для завантаження будинку твердим

горючим матеріалом 3, із передньої кришки, необхідної для управління газообміном при розвитку пожежі в середині будинку 4 та підставки макету будинку 5.



Рис. 1. Макет будинку для дослідження явищ пожеж: 1 – стіни будинку; 2 – дах будинку; 3 – з’ємна задня стінка для завантаження будинку твердим горючим матеріалом; 4 – кришка закриття переднього отвору для управління газообміном при розвитку пожежі; 5 – підставка макету будинку

Засоби та техніка вимірювання. Вимірювання температури здійснювалось за допомогою тепловізору FLIR K33 виробництва компанії FLIR Systems Estonia OÜ (рис. 2) з діапазоном температур від -20 до 150°C та від 0 до 650°C , теплова чутливість складає < 40 мК при температурі 30°C , при цьому похибка вимірювання напруги $\pm 4^{\circ}\text{C}$ або $\pm 4\%$ при температурі навколишнього середовища від 10 до 35°C .

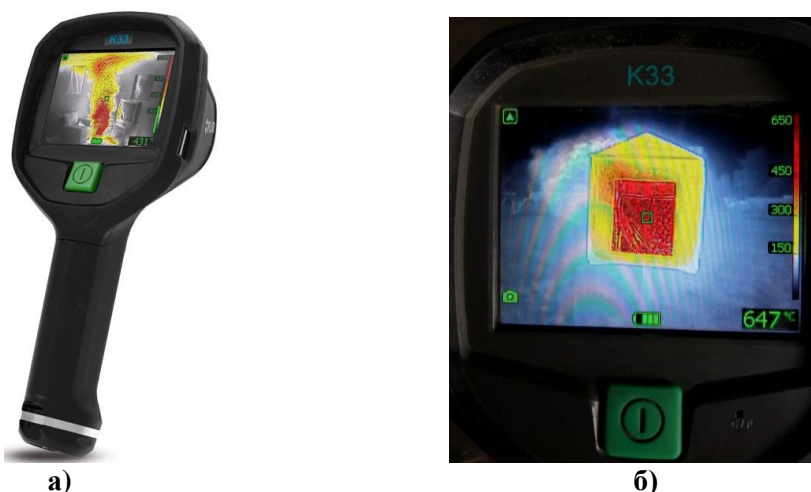


Рис. 2. Тепловізор FLIR K33: а) – зовнішній вид тепловізору; б) – реєстрація зображення за допомогою тепловізору

Фотореєстрація зображень з тепловізору здійснювалася за допомогою фотоапарату Canon PowerShot SX420 IS Black виробництва Японія.

Для підпалу в середині будинку використовувався газовий палик Intertool GB-0021 з балоном на 220 г газу виробництва Китай, а для охолодження горючих

димових газів та гасіння пожежі всередині будинку застосувався обприскувач Verto з об'ємом 1 л виробництва Польща.

Порядок проведення досліджень. Проведення досліджень здійснювалось в наступній послідовності. Макет будинку для дослідження явищ пожеж в середині приміщення встановлюємо на горизонтальній площині на підставці 5, знімаємо задню стінку макету будинку 3 та завантажуюмо в середину твердий горючий матеріал (далі – ТГМ) за площею поверхні. В якості ТГМ використовуємо плити ОСП (ДСП) товщиною 10 мм та розмірами, що відповідають розмірам стін, стелі та підлоги. Плити ОСП (ДСП) дозволяють отримати в необхідній кількості продукти неповного згоряння або піролізу. Після завантаження та укладки ТГМ закриваємо задню стінку макету будинку за допомогою фіксаторів. Розпал в середині макету будинку відбувається за допомогою розведення вогнища з щепи деревини і паперу або газового пальника з балоном.

Після підпалювання слідкуємо та спостерігаємо за розвитком пожежі в середині макету будинку і після набуття максимальних значень температури починаємо закривати передній отвір будинку за допомогою кришки та через приблизно 7–16 с відкриваємо її. Вимірювання температури в середині будинку здійснюємо за допомогою тепловізору FLIR K33, а фотореєстрацію зображень з тепловізору за допомогою фотоапарату Canon PowerShot SX420 IS Black.



Рис. 3. Загальний вид управління газообміном при розвитку пожежі: а) – часткове відкриття та закриття кришкою переднього отвору будинку; б) – повне відкриття переднього отвору будинку; в) – насичення шару димових газів киснем

Для охолодження горючих димових газів та гасіння пожежі використовувався обприскувач Verto. Для проведення досліджень із застосуванням макету будинку залучаються дві особи.

5. Результати дослідження процесів, що відбуваються при розвитку пожеж в будівлях

Відомо, що при розвитку пожежі відбувається зміна його параметрів в часі і в просторі від початку виникнення до повної ліквідації горіння. Тому вимірювання температури в середині макету будинку відбувалося одразу після підпалювання вогнища з інтервалом 20-30 с. Результати фотореєстрації зображень з тепловізору при розвитку пожежі в середині макету будинку представлені на рис. 4.

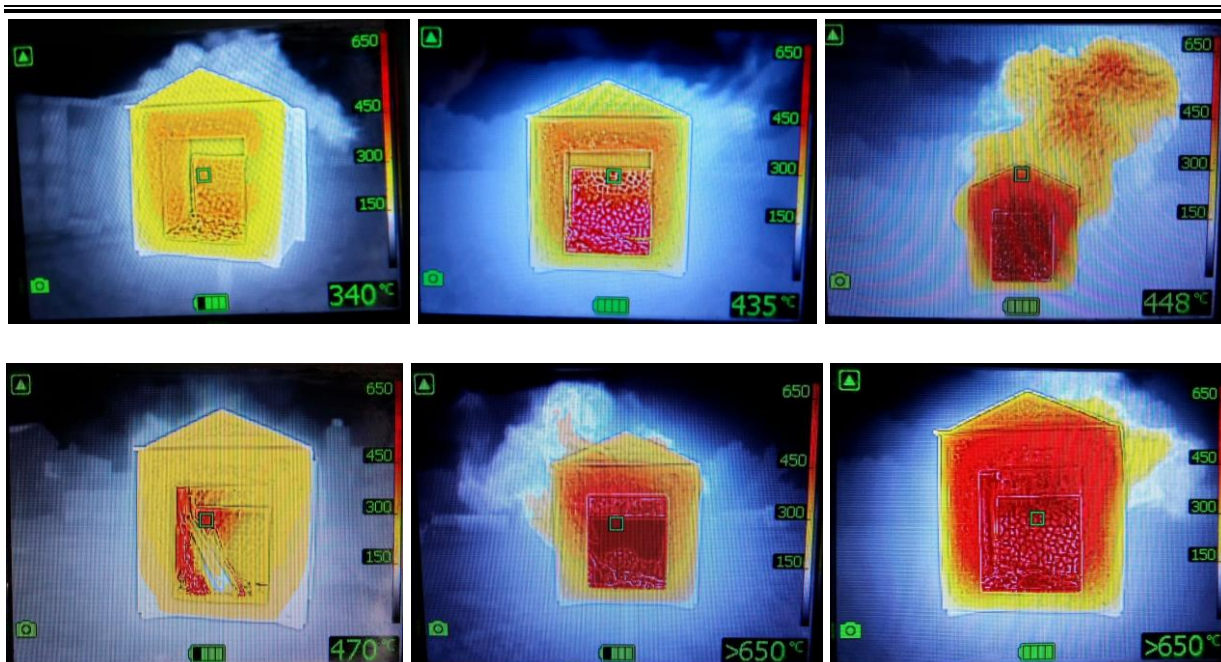


Рис. 4. Вигляд фотореєстрації зображень з тепловізора при розвитку пожежі в середині макету будинку за наявності кисню.

З представлених результатів маємо, що розвиток пожежі відбувається за наявності кисню [23]. Температура при розвитку пожежі досягає максимального значення $> 650^{\circ}\text{C}$, що вимірювана за допомогою тепловізора FLIR K33. При цьому після догорання твердого горючого матеріалу або дії вогнегасних речовин на осередок пожежі відбувається загасання пожежі, що насамперед характеризується зменшенням температури та площі. Оброблені результати дослідження, щодо вимірювання температур в середині будинку від початку горіння до його закінчення представлені у вигляді графіку на рис.5.

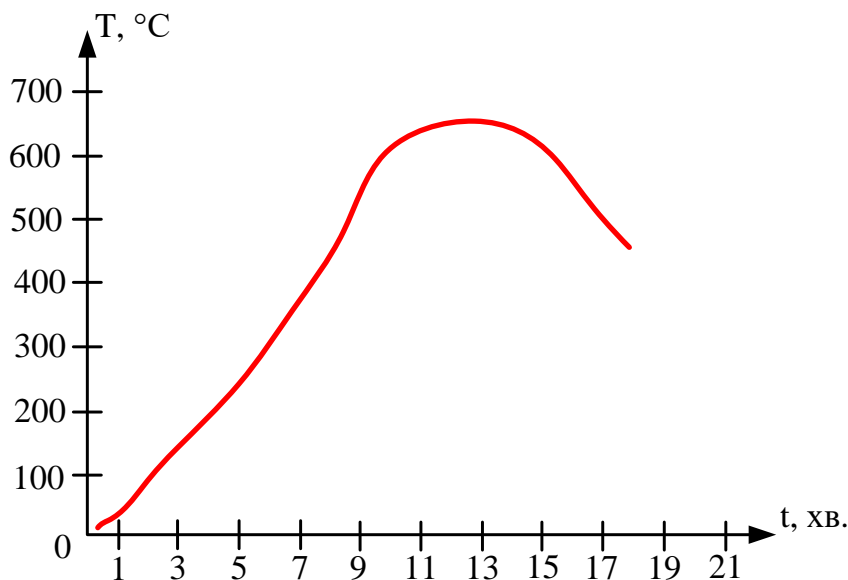


Рис. 5. Графік розвитку та загасання пожежі

Для відображення явищ пожежі (ролловер, флешовер та бекдрафт) переходимо до створення умов розвитку пожежі без доступу кисню в середині будинку за рахунок закриття кришкою переднього отвору. Так для відображення флешовера спостерігаємо за розвитком горіння в середині будинку при

відкритому передньому отворі. Розглянемо перше явище – це процес займання шару нагрітих газів, а саме ролловер. При виникненні пожежі в приміщенні спочатку є достатня кількість горючих речовин і кисню. У процесі піролізу (термічне розкладання органічних сполук) починають виділятися нагріті гази. Якщо при подальшому розвитку пожежі існує достатній доступ кисню, то в приміщенні відбувається струйчасте горіння (на межі між шаром диму і бездимних шаром). Результати дослідження та відображення явища пожежі – ролловер представлені на рис. 1.

Якщо в приміщенні досить кисню і достатній об'єм горючих речовин та матеріалів, то в цей момент може статися явище, як спалах приміщення а саме флешовер. Після цього пожежа переходить в основну стадію, результатом чого стає повне вигорання приміщення та будівлі в цілому, результати явища флешовер представлені на рис. 6а.

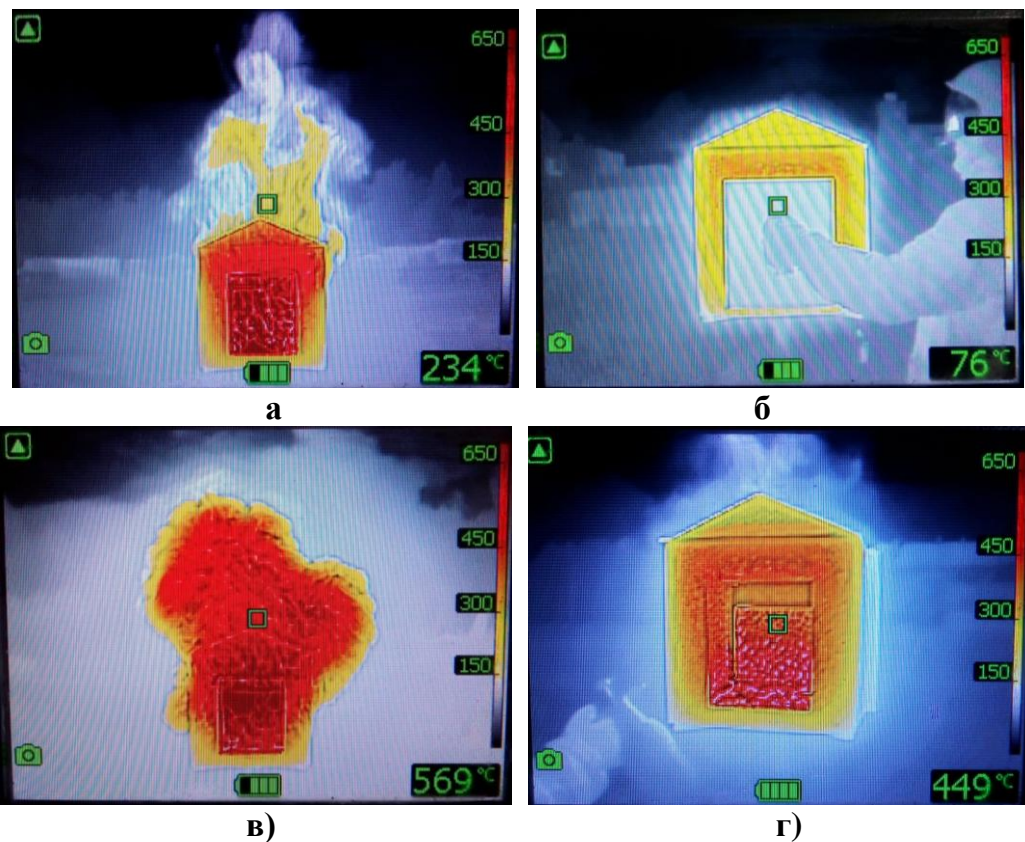


Рис. 6. Вигляд фоторесстрації зображень з тепловізору при розвитку пожежі в середині макету будинку: а) – з обмеженням доступу кисню; б) – флешовер; в) – бекдрафт; г) – охолодження димових газів

На відміну від спалаху приміщення умовою для виникнення явища, як пожежа зі зворотною тягою, а саме бекдрафт, є недостатній доступ кисню в приміщенні. Так як утворені гази та продукти горіння не повністю згорають через нестачу повітря, вони заповнюють весь простір приміщення.

Також при розвитку пожежі в приміщенні можливе таке явище, як викид полум'я. Суміш нагрітих газів та кисню формуються в шар, та спрямовуються до виходу з приміщення. Потім цей шар запалюється і витісняється з приміщення в якому відбувається горіння. Так для відображення явища бекдрафт після запалення осередку пожежі та встановлення в середині будинку максимальної температури $> 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ прикриваємо отвір будинку кришкою на час 4-8 с. Зображення із закриття отвору

будинку кришкою наведено на рис. 3а і 6б. Після зазначеного часу відкриваємо отвір і відбувається миттєве надходження кисню до середини приміщення будинку і відбувається миттєвий викид та спалахування шару нагрітих газів та кисню. Результати зображень явища пожежі бекдрафт представлені на рис. 3б, в та рис. 6в. Графічно отримані результати дослідження представлені на рис. 7.

Для запобігання виникнення явищ пожежі в середині будинку необхідно здійснювати поступове охолодження димових газів за рахунок подачі вогнегасних речовин в середину приміщення де відбувається горіння. Результати дослідження наведені на рис. 6 г. та 7.

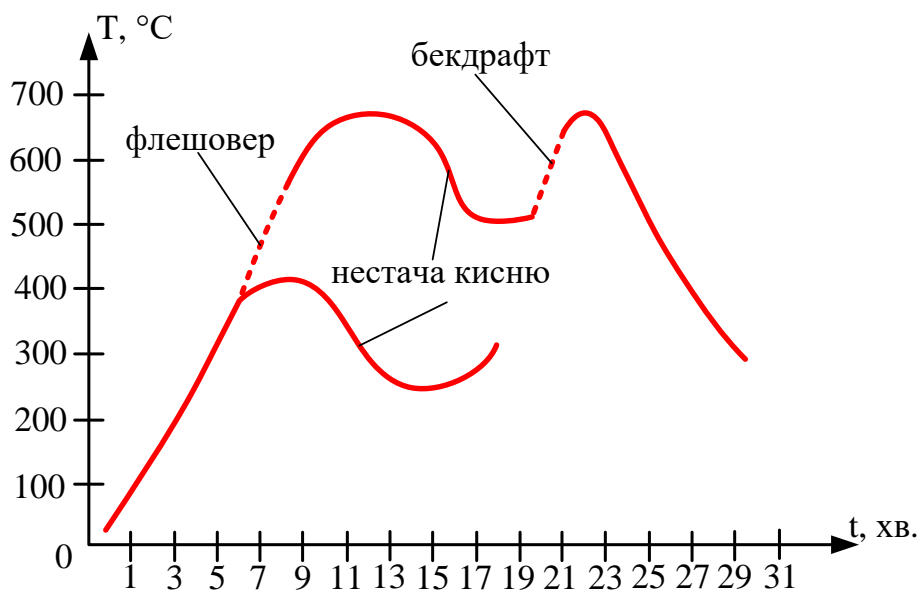


Рис. 7. Графік розвитку пожежі з відображенням її явищ

6. Обговорення результатів досліджень, що відбуваються при розвитку пожеж в будівлях

В роботі проведені експериментальні дослідження процесів, що відбуваються при розвитку пожеж в будівлях з обмеженим доступом кисню. Інструментом для дослідження процесів розвитку пожеж та його візуалізації застосовувався макет будинку. Встановлено, що при розвитку пожеж з обмеженим доступом кисню виникають такі явища, як ролловер, флешовер та бекдрафт. Під час розвитку пожежі спочатку виникає явище ролловер, що пояснюється займанням шару нагрітих газів, потім виникає флешовер, що характеризується спалахом (рис. 6б), а стосовно бекдрафт то це явище відбувається за рахунок спалаху незгорілих нагрітих газів з послідуочим вибухом (рис. 6 в).

Встановлено та графічно відображена залежність температури в приміщенні при розвитку пожежі з обмеженим доступом кисню. Так на рис. 6а представлено явище флешовер при цьому температура спалаху склала 234 °C, а на рис. 6в явище бекдрафт де температура спалаху незгорілих нагрітих газів з послідуочим вибухом склала 569 °C. Залежність зміни температури при розвитку пожежі з відображенням явищ пожежі графічно представлені на рис. 7.

Розроблена конструкція макету будинку для дослідження процесів розвитку пожежі дозволяє використовувати його багаторазово під час підготовки та навчання особового складу пожежно-рятувальних підрозділів. За допомогою тепловізора здійснюється вимірювання температури в середині приміщення при

пожежі. На підставі проведених даних здійснюється прогнозування, щодо виникнення процесів, що відбуваються при розвитку пожеж в будівлях з обмеженим доступом кисню.

Експериментальні дослідження процесів розвитку пожеж в будівлях з обмеженим доступом кисню здійснювалися із застосуванням макету будинку з загальним об'ємом $0,1 \text{ м}^3$. При цьому застосування макету будинку з даним об'ємом впливає на відображення потужності та ступеня вивільнення енергії при розвитку пожежі. Тому при гасінні пожежі особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів в приміщенні (будівлі) об'ємом близько $40 (200) \text{ м}^3$ потужність та ступінь вивільнення енергії при розвитку пожежі будуть в рази більше. Тому безпосередньо при підготовці особового складу це потрібно зазначати базуючись на даних статистики аналогічних пожеж.

В подальшому дослідження процесів розвитку пожеж в будівлях з обмеженим доступом кисню повинно базуватися з конкретним відпрацюванням дій особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, щодо захисту від явищ пожежі, дотриманням вимог безпеки праці, своєчасного реагування за рахунок подачі водяного струменя із пожежних стволів. При цьому необхідність встановлення оптимальної дисперсності водяного струменя та витрати, а також першочерговість проведення оперативних дій особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів.

7. Висновки

1. Проведені експериментальні дослідження процесів розвитку пожежі із відображенням явищ пожежі (ролlover, флешовер та бекдрафт) із застосуванням макету будинку. Визначено, що розвиток пожежі з обмеженим доступом кисню відбувається з виникненням явищ пожежі, а при необмеженому доступу кисню відбувається у звичайному режимі. Наочно продемонстровані за допомогою макету будинку явища пожежі при її розвитку з обмеженим доступом кисню. Окрім демонстрації явищ пожеж отримані також результати фотореєстрації зображень за допомогою тепловізору, що представлені в роботі. Встановлено, що під час розвитку пожежі спочатку виникає явище ролlover, що пояснюється займанням шару нагрітих газів, потім виникає флешовер, що характеризується спалахом (рис. 6б), а стосовно бекдрафт то це явище відбувається за рахунок спалаху незгорілих нагрітих газів з послідувачим вибухом (рис. 6в). Отримані результати проведених експериментальних досліджень дають змогу підвищити рівень оперативної готовності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час проведення оперативних дій з гасіння пожеж в житлових будівлях.

2. Експериментально проведено вимірювання температури в макеті будинку під час пожежі в залежності від умов її розвитку. Отримані результати вимірювання температури при розвитку пожежі з необмеженим і обмеженим доступом кисню. Встановлено, що з необмеженим доступом кисню розвиток пожежі відбувається звичайному режимі тобто до настання максимальної температури в приміщенні з послідувачим зменшенням за рахунок загасання пожежі або подавання в осередок пожежі вогнегасних речовин (рис. 5). З обмеженим доступом кисню при розвитку пожежі присутні явища ролlover, флешовер та бекдрафт, що відображені як наочно так і зафіксовані за допомогою тепловізору. Так на рис. 6а представлено явище флешовер при цьому температура спалаху склала $234 \text{ }^\circ\text{C}$, а на рис. 6в явище бекдрафт де температура спалаху незгорілих нагрітих газів з послідувачим вибухом склала $569 \text{ }^\circ\text{C}$. Залежність зміни

температури при розвитку пожежі з відображенням явищ пожежі графічно представлені на рис. 7. Встановлено, що охолодження нагрітих газів призведе до охолодження розігрітих шарів диму та зниження температури в приміщенні, що насамперед зменшить ступінь їхнього спалахування.

Література

1. Dubinin D., Korytchenko K., Lisnyak A., Hrytsyna I., Trigub V. Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2. № 10 (92). P. 8–43. doi:10.15587/1729-4061.2018.127865
2. Korytchenko K., Sakun O., Dubinin D., Khilko Y., Slepuzhnikov E., Nikorchuk A., Tsebriuk I. Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gas-detonation charge for fluid acceleration // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3. № 5 (93). P. 47–54. doi: 10.15587/1729-4061.2018.134193
3. Fire Engineering/FDIC International. URL: <https://www.fireengineering.com>
4. Draft Curtain Tactics (An Evaluation of Flow Path Control). URL: www.fireengineering.com/articles/2014/12/draft-curtain-tactics.html
5. CFBT-US LLC. URL: <http://cfbt-us.com>
6. Mini Flashover Trainer. URL: https://www.optisafe.dk/media/productpdf/0/4/049-027-001_mini_flash-over_trainer_manual.pdf
7. Mini-Backdraft-Trainer. URL: <https://www.rescue-tec.de/en/training/fire-training/mini-backdraft-trainer/flash-over-box>
8. NFPA 921. Guide for Fire and Explosion Investigations. 2017.
9. DIN EN ISO 13943-2018. Fire safety-Vocabulary (ISO 13943:2017). German and English version EN ISO 13943:2017. 2018.
10. NFPA 1410. Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations, 2020.
11. Poplin G. S., Roe D. J., Peate W., Harris R. B., Burgess J. L. The Association of Aerobic Fitness With Injuries in the Fire Service // *American Journal of Epidemiology*. (2014). Vol. 179. № 2. P. 149–155. doi: 10.1093/aje/kwt213
12. Särdaqvist S., Jonsson, A., Grimwood P. Three Different Fire Suppression Approaches Used by Fire and Rescue Services // *Fire Technology*. (2018). 55(82). doi: 10.1007/s10694-018-0797-9
13. Wu, C. L., Carvel R. An experimental study on backdraught: The dependence on temperature // *Fire Safety Journal*. (2017). 91, P. 320–326. doi: 10.1016/J.FIRESAF.2017.04.003.
14. Fleischmann C. M., Chen Z. Defining the Difference between Backdraft and Smoke Explosions // *Procedia Engineering*. (2013). 62. 324–330. doi: 10.1016/j.proeng.2013.08.071
15. Weng W., Fan W.C. Experimental Study on the Mitigation of Backdraft in Compartment Fires with Water Mist // *Journal of Fire Sciences*. (2002). 20 (4). P. 259–278. doi: 10.1177/073490402762574721
16. Svensson S., Van de Veire M. Experimental Study of Gas Cooling During Firefighting Operations // *Fire Technology*. 2019. 55 (7). P. 285–305. doi: 10.1007/s10694-018-0790-3
17. Дубінін Д. П. (2021). Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою // *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Вип. (33). P. 15–29. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-2

D. Dubinin, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department
A. Lisniak, PhD, Associate Professor, Head of Department
S. Shevchenko, Lecturer of the Department
I. Krivoruchko, Lecturer of the Department
Yu. Gaponenko, Lecturer of the Department
 National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

EXPERIMENTAL STUDY OF FIRE DEVELOPMENT IN A BUILDING

Experimental studies on the occurrence of fire in a residential building depending on the conditions of its development. A model of the house was used for research, which allowed to clearly demonstrate the development of fire with a demonstration of its phenomena. It is determined that the development of a fire with limited access to oxygen occurs with the occurrence of fire phenomena such as rollover, flashover and backdraft, and with sufficient access to oxygen occurs normally. It is established that during the development of a fire first there is a phenomenon of rollover, due to the ignition of a layer of heated gases, then there is a flashover, characterized by a flash, and for backdraft, this phenomenon occurs due to a flash of unburned heated gases with a subsequent explosion. The temperature was measured using a FLIR K33 thermal imager during a fire. The obtained results show that the development of a fire with sufficient access of oxygen occurs before the maximum temperature in the room with its subsequent reduction due to fire extinguishing or supply of fire extinguishing agents to the fire. When a fire with limited access to oxygen develops, such phenomena as rollover, flashover and backdraft occur. The obtained measurement results during the research of fire development depending on its conditions are presented as photoregistration of images from the thermal imager and graphically. It is established that when the phenomenon of a flashover occurs, the flash point is 234 °C, and when the backdraft phenomenon, the flash point of unburned heated gases with a subsequent explosion is 569 °C. It has been experimentally determined that timely cooling of heated gases prevents fire. The obtained results of the conducted experimental researches allow to increase the level of professional skill of the personnel of fire and rescue divisions during carrying out operative actions on fire extinguishing in residential buildings.

Keywords: house layout, fire development, temperature, rollover, flashover, backdraft

References

1. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/10 (92), 38–43. doi:10.15587/1729-4061.2018.127865
2. Korytchenko, K., Sakun, O., Dubinin, D., Khilko, Y., Slepuzhnikov, E., Nikorchuk, A., Tsebriuk, I. (2018). Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gas-detonation charge for fluid acceleration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/5 (93), 47–54. doi: 10.15587/1729-4061.2018.134193
3. Fire Engineering/FDIC International. Retrieved from <https://www.fireengineering.com>.
4. Draft Curtain Tactics (An Evaluation of Flow Path Control). Retrieved from www.fireengineering.com/articles/2014/12/draft-curtain-tactics.html
5. CFBT-US LLC. Retrieved from <http://cfbt-us.com>
6. Mini Flashover Trainer. Retrieved from https://www.optisafe.dk/media/productpdf/0/4/049-027-001_mini_flash-over_trainer_manual.pdf
7. Mini-Backdraft-Trainer. Retrieved from <https://www.rescue-tec.de/en/training/fire-training/mini-backdraft-trainer/flash-over-box>
8. NFPA 921. (2017). Guide for Fire and Explosion Investigations
9. DIN EN ISO 13943-2018. (2018). Fire safety-Vocabulary (ISO 13943:2017); German and English version EN ISO 13943:2017
10. NFPA 1410. (2020). Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations.

11. Poplin, G. S., Roe, D. J., Peate, W., Harris, R. B., Burgess, J. L. (2014). The Association of Aerobic Fitness With Injuries in the Fire Service. *American Journal of Epidemiology*, 179(2), 149–155. doi: 10.1093/aje/kwt213.
12. Särqvist, S., Jonsson, A., Grimwood, P. (2018). Three Different Fire Suppression Approaches Used by Fire and Rescue Services. *Fire Technology*, 55(82), doi: 10.1007/s10694-018-0797-9
13. Wu, C. L., Carvel, R. (2017). An experimental study on backdraught: The dependence on temperature, *Fire Safety Journal*, 91, 320–326. doi: 10.1016/J.FIRESAF.2017.04.003.
14. Fleischmann, C. M., Chen, Z. (2013). Defining the Difference between Backdraft and Smoke Explosions. *Procedia Engineering*, 62, 324–330. doi: 10.1016/j.proeng.2013.08.071
15. Weng, W., Fan, W.C. (2002). Experimental Study on the Mitigation of Backdraft in Compartment Fires with Water Mist. *Journal of Fire Sciences*, 20(4), 259–278. doi: 10.1177/073490402762574721
16. Svensson, S., Van de Veire, M. (2019). Experimental Study of Gas Cooling During Firefighting Operations // *Fire Technology*, 55 (7), 285–305. doi: 10.1007/s10694-018-0790-3
17. Dubinin, D. P. (2021). Doslidzhennja vymog do perspektyvnyh zasobiv pozhezhogasinnja tonkorozpylenoju vodoju. *Problemy nadzvychajnyh sytuacij*, (33), 15–29. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-2

Надійшла до редколегії: 05.10.2021

Прийнята до друку: 18.11.2021