

”Пожежна профілактика військових містечок”

Заняття 2. „Характеристика небезпечних для людини факторів пожежі”.

Продукти горіння, їх токсичність, показники.

Безумовно, що найважливішим завданням всієї системи протипожежного захисту є забезпечення захисту людей від небезпечних факторів пожежі, якими супроводжується горіння, та рятування людей у разі пожежі. Вирішення цього завдання та проблем, пов'язаних з ним, являє велику складність, оскільки має власну специфіку та здійснюється іншими шляхами, ніж захист будівельних конструкцій. На відміну від забезпечення збереження будівельних конструкцій, безпека людей має бути гарантована у всіх випадках та поза залежності від економічних міркувань.

Виходячи з аналізу пожеж та загибелі людей на них, можна зробити висновок, що найсуттєвими факторами, які створюють загрозу для життя та здоров'я людини, яка перебуває в зоні пожежі, є:

- токсичні продукти горіння;
- вогонь та променисті потоки;
- підвищена температура середовища;
- дим;
- недостатність (знижена концентрація) кисню;
- вибухи, та витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі;
- руйнування будівельних конструкцій;
- ураження електричним струмом;
- паніка.

Більшість людей гине на пожежах внаслідок отруєння токсичними продуктами горіння.

ТОКСИЧНІ ПРОДУКТИ ГОРІННЯ. Основними з них є оксиди вуглецю та сірки, аміак, газоподібні соляна (хлористоводнева) і синильна (ціанистоводнева) кислоти, ароматичні та аліфатичні вуглеводні, аліфатичні альдегіди.

ПОКАЗНИК ТОКСИЧНОСТІ ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ – це відношення кількості матеріалу (речовини) до одиниці об'єму замкнутого простору, в якому газоподібні продукти горіння матеріалу (речовини), спричиняють до загибелі 50% піддослідних тварин.

Частіше за все під час пожежі люди отримують смертельне отруєння оксидом вуглецю (CO) (чадним газом), який небезпечний тим, що в 200–300 разів інтенсивніше реагує з гемоглобіном крові, ніж кисень. Внаслідок цього кров'яні тільця втрачають здатність постачати організм киснем, що викликає кисневе голодування, гіпоксію, порушення координації рухів, депресію. Людина втрачає здатність розмірковувати, її поведінка стає неадекватною – вона втрачає бажання уникнути існуючої загрози та не здійснює заходів до власного рятування. Можливе припинення дихання, смерть. Підвищена небезпека оксиду вуглецю пояснюється не тільки його високою токсичністю, але й відносно великою концентрацією в продуктах горіння.

Діоксид вуглецю (CO₂) може призвести до смерті через декілька хвилин при відносно великій концентрації 8–10%, яка на пожежах зустрічається досить рідко. Однак і при менших концентраціях діоксид вуглецю небезпечний у зв'язку з тим, що викликає прискорене дихання, яке в свою чергу призводить до збільшення поглинання організмом інших токсичних продуктів горіння. Так, при концентрації CO₂ 2% частота дихання збільшується в 1,1 рази, а при 6% – в 1,5 рази.

Хлористий водень (HCl) викликає набряк трахеї та легенів, подразнення очей та дихальних шляхів, може викликати серйозні пошкодження слизової оболонки. У людини з'являється печія у грудях, спазми в горлі, неможливість дихання. Смерть настає від ядухи.

Ціанистий водень (HCN), або синильна кислота, – найбільш токсична речовина, що зустрічається на пожежах. Її вплив полягає в припиненні доступу кисню до тканин організму, що послаблює серцеву діяльність та заважає диханню.

В якості критичної концентрації продуктів горіння доцільно приймати не смертельно небезпечне значення, а таке, за яким має місце втрата здатності до пересування. Наприклад, при концентрації оксиду вуглецю у повітрі 3,6 г·м⁻³ через декілька хвилин впливу втрачається координація рухів та евакуація стає неможливою.

Орієнтовні критичні значення токсичних продуктів горіння наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Найменування речовини	Величина критичного значення, г·м ⁻³
Ціанистий водень	0,2
Фосген	0,2
Оксиди азоту	1,0
Сірководень	1,1
Хлористий водень	3,0
Оксид вуглецю	3,6
Сірчистий ангідрид	8,0
Діоксид вуглецю	162,0

Продукти горіння потрапляють при диханні, через шлунково-кишковий тракт та відкриті рани. Біологічний вплив продуктів горіння підсилюється дією на людину навантажень: механічних, теплових, фізичних, психічних тощо. При цьому продукти горіння здатні накопичуватися в організмі, виводитися з нього, біотрансформуватися. Рівень впливу таких речовин визначається віком, наявністю захворювань, станом організму.

ВОГОНЬ ТА ПРОМЕНИСТІ ПОТОКИ. Критерієм ураження організму людини тепловим випромінюванням полум'я та вогневих куль є величина теплової дози, що визначається значенням теплового потоку, який діє на людину, а також тривалістю опромінювання.

Відкритий вогонь надзвичайно небезпечний, але випадки його безпосередньої дії на людей досить рідкі. Небезпеку являють також променисті потоки. Найбільша інтенсивність таких потоків спостерігається при пожежах технологічних установок. У таких випадках людина без спеціальних засобів захисту неспроможна наблизитися до палаючого устаткування ближче ніж на 10–15 м. Небезпечні для людей значення променистих потоків наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Величина інтенсивності теплової радіації, Вт·м ⁻²	840	1400	2100	2800	3500	7000
Тривалість часу, протягом якого людина може переносити цю інтенсивність радіації, с	360	150	40–60	30–40	10–30	5–11

В якості критичного значення променистих потоків можна приймати величину 3000 Вт·м⁻², за якої час до виникнення больових відчуттів складає 10–

15 с, а тривалість часу, за який людина переносить це значення теплової радіації, – 30-40 с.

ПІДВИЩЕНА ТЕМПЕРАТУРА СЕРЕДОВИЩА. Вплив на людину температури більше 100 °С в умовах пожежі призводить до втрати свідомості та загибелі вже через декілька хвилин. Вдихання розігрітого повітря й продуктів горіння призводить до ураження й некрозу верхніх дихальних шляхів. Підвищена температура здатна викликати також опіки шкіри.

Небезпечною температурою для людини при пожежі в приміщеннях прийнято вважати температуру, що перевищує 55 °С.

Як показали випробування, що проводилися в Канаді, у вологій атмосфері, яка є типовою для початкової стадії пожежі, опіки другого ступеня викликає температура 55 °С при тривалості впливу 20 с, температура 70 °С – протягом 1 с.

ДИМ – видимі тверді та (або) рідкі частинки в газах, що утворюються в результаті горіння або піролізу матеріалів. Являє собою велику кількість найдрібніших частинок незгорілих речовин, що зважені у повітрі. Активно впливає на слизову оболонку органів дихання, викликає сльозотечу, сильний кашель, навіть набряк легенів. Крім того, дим усередині приміщень непрозорий, що значно ускладнює орієнтування людей у просторі, порушує організований рух, значно підвищує час евакуації або робить її зовсім неможливою.

НЕДОСТАТНІСТЬ (ЗНИЖЕНА КОНЦЕНТРАЦІЯ) КИСНЮ викликається зниженням його концентрації під час горіння речовин і матеріалів в умовах пожежі. Нагадаємо, що горіння – це процес окиснення.

У нормальній атмосфері міститься близько 21% кисню. Зменшення його концентрації лише на 3% здатне викликати погіршення рухових функцій організму. Небезпечною вважається концентрація 14% кисню, бо при цьому втрачається координація рухів, погіршується здатність адекватно оцінювати навколишню ситуацію, утруднюється евакуація людей.

При вмісті кисню 10–11% смерть настає протягом декількох хвилин.

При понижених концентраціях кисню на пожежах утворюється продукт неповного згоряння вуглецю – оксид вуглецю (СО), вплив якого на людину було наведено вище.

ВИБУХИ, ВИТІКАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ВНАСЛІДОК ПОЖЕЖІ. Пожежі на окремих підприємствах, які мають технологічне устаткування та установки під високим тиском, ємності та трубопроводи з хімічно активними рідинами та небезпечними газами, можуть

викликати вибухи та розгерметизацію устаткування, внаслідок чого люди, що перебувають поблизу, можуть підпадати під дію вибухової хвилі, дістати ураження металевими уламками, хімічні опіки та отруєння. Такі техногенні наслідки аварій, викликаних пожежами, суттєво впливають і на психіку людей, що, у свою чергу, значно ускладнює успішну евакуацію й надання їм ефективної допомоги.

РУЙНУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ. Відбувається внаслідок втрати несучої здатності під впливом високих температур та вибухів. Залежить від ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій, тривалості теплового впливу, потужності вибухової хвилі. Людина може отримати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж можуть бути просто зруйновані шляхи евакуації, завалені евакуаційні виходи.

УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ. Враховуючи високу електронасиченість сучасних об'єктів та руйнівну дію пожежі, цілком можливі ураження людей електричним струмом і отримання ними електротравм. Безпосереднє ураження можливе від струмів витікання, контакту з оголеними провідниками та окремими елементами будівель і споруд, що можуть перебувати під напругою.

ПАНІКА. Жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей. Опинившись у зоні пожежі (для більшості людей це трапляється вперше у житті), людина потрапляє в так звані екстремальні умови. Під впливом вищенаведених факторів пожежі фізичний і особливо морально-психічний стан людини може швидко зазнати суттєвих змін, поведінка повністю вийти як з-під власного, так і з-під стороннього контролю. Втрачаючи в такому разі здатність об'єктивного аналізу й сприйняття навколишньої обстановки, людина може несвідомо діяти сама собі на шкоду.

Особливості й параметри руху людей під час евакуації.

Рух людей має місце у всіх приміщеннях будівель та споруд, які пов'язані з перебуванням в них людини. Для цих цілей у будівлях передбачаються комунікаційні приміщення та інші спеціальні пристрої: входи й виходи, коридори, сходи, вестибюлі, фойє, проходи тощо. Комунікаційні приміщення можуть займати досить значну площу, яка складає у ряді випадків понад 30% від робочої площі будівлі.

Особливе значення набуває рух людей у разі виникнення пожежі у будівлі, оскільки існує реальна загроза для їх життя та здоров'я.

Вимушений процес руху людей із зони, де можливий вплив на них небезпечних факторів пожежі, називається ЕВАКУАЦІЄЮ.

Евакуація досягається шляхом самостійного руху людей назовні з небезпечної зони, а також несамотійного переміщення людей, які належать до маломобільних груп населення, що здійснюється обслуговуючим персоналом та іншими людьми.

РЯТУВАННЯ являє собою вимушене переміщення людей назовні при впливові на них небезпечних факторів пожежі або при виникненні безпосередньої загрози цього впливу. Рятуння здійснюється самостійно, за допомогою пожежних підрозділів або спеціально навченим персоналом.

У звичайних умовах рух всередині будівель визначається розумною волею та бажанням людей. При пожежі процес евакуації починається практично одночасно та має чітку спрямованість – усі направляються до виходів. Як результат такого одночасного й орієнтованого руху та внаслідок обмеженої пропускної здатності евакуаційних шляхів та виходів утворюються великі щільності людських потоків, окремі евакуйовані починають застосовувати фізичні зусилля, що значно зменшує швидкість загального руху. Таким чином, виникає ситуація, коли чим швидше люди прагнуть покинути приміщення (будівлю), тим поволі це має місце.

Психологія індивідуальної та колективної поведінки людей при пожежах значною мірою визначається страхом, викликаним усвідомленням реальної небезпеки. Сильне нервово збудження активно мобілізує фізичні ресурси людини, однак при цьому має місце звуження свідомості, втрачається здатність об'єктивно усвідомлювати ситуацію в повному обсязі, оскільки увага повністю приділяється подіям, що мають місце. Під впливом стресового стану зростає навіюваність, команди сприймаються без відповідного аналізу й оцінки, сильніше виявляється схильність до наслідування, дії людей стають неадекватними обставинам, що склалися. Панічні реакції виявляються, головним чином, у формі ступору (завмирання, безрухомість, нездатність до дій) або фуґи (хаотичні кидання, біг, поверхнева орієнтація в обставинах). Основна маса людей, що евакууються при пожежі, здатна до об'єктивної оцінки ситуації й розумних дій, проте, почуваючи страх та заражаючи їм один одного, може піддаватися паніці.

Люди, що рухаються в одному напрямку, створюють людський потік. Рух людей в потоці характеризується щільністю потоку D , швидкістю руху V , інтенсивністю руху q та пропускною здатністю ділянки шляху Q .

Щільність людського потоку – важлива вихідна характеристика, що дозволяє визначати швидкість та інтенсивність руху. Вона визначається як кількість людей N , що розміщується на одиниці площі евакуаційного шляху F :

$$D = \frac{N}{F}, \quad (1)$$

Зі збільшенням щільності потоку швидкість руху зменшується та при $D=9$ люд·м⁻² для горизонтальних ділянок шляху не перевищує 15 м·хв⁻¹. Під час евакуації дорослих щільність може складати 10–12 люд·м⁻²; при евакуації школярів – 20–25 люд·м⁻².

Швидкість руху людей в потоці залежить від виду шляху (горизонтальний шлях; сходи донизу; сходи догори; проріз) та щільності людського потоку.

Інтенсивність руху (питома пропускна здатність) характеризує кількість людей, що проходять через 1 м ширини шляху або проходу в одиницю часу, й також залежить від щільності потоку. Для дверних прорізів при щільностях людського потоку, близьких до граничних ($D_{гр} \geq 9$ люд·м⁻²), інтенсивність руху не є сталою величиною, яка залежить від ширини прорізу (рис. 1).

Інтенсивність руху є експериментальною величиною, для кожного виду шляхів та дверних прорізів визначається за формулою

$$q = \frac{Q}{\delta}, \quad (2)$$

де Q – пропускна здатність ділянки шляху; δ – ширина ділянки або проходу.

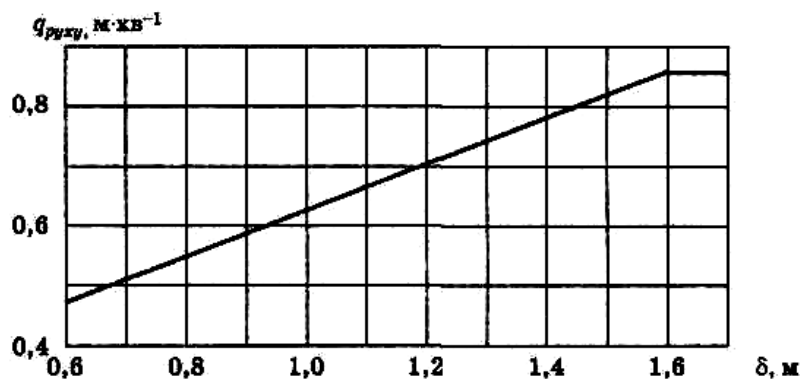


Рис. 1. Залежність інтенсивності руху від ширини дверного прорізу

Пропускна здатність ділянки шляху в $\text{м}^2 \cdot \text{хв}^{-1}$ характеризує кількість людей (середня площа горизонтальної проекції людини f складає: для дорослого в зимовому одязі – $0,125 \text{ м}^2 \cdot \text{люд}^{-1}$, для дорослого в домашньому одязі – $0,1 \text{ м}^2 \cdot \text{люд}^{-1}$, для підлітка – $0,07 \text{ м}^2 \cdot \text{люд}^{-1}$), яку вона здатна пропустити за одиницю часу, та визначається як добуток інтенсивності руху на ширину ділянки:

$$Q = q\delta, \quad (3)$$

Використовуючи поняття пропускної здатності ділянки шляху, можна отримати формули для розрахунку інтенсивності руху та часу затримки руху при злитті людських потоків.

Якщо виникає злиття декількох людських потоків (рис. 2), то при безперешкодному русі повинна виконуватися умова:

$$Q_i = \sum Q_{i-1}, \quad (4)$$

або

$$q_i \delta_i = q_1 \delta_1 + q_2 \delta_2 + q_3 \delta_3, \quad (5)$$

Звідки

$$q_i = \frac{q_1 \delta_1 + q_2 \delta_2 + q_3 \delta_3}{\delta_i} \quad (6)$$

Затримка руху людей на початку i -ої ділянки спостерігається при

$$Q_i < Q_{i-1}, \quad (7)$$

Час затримки визначається як різниця часу евакуації з урахуванням пропускної здатності ділянок шляху:

$$\Delta\tau = \tau_i - \tau_{i-1}. \quad (7.8)$$

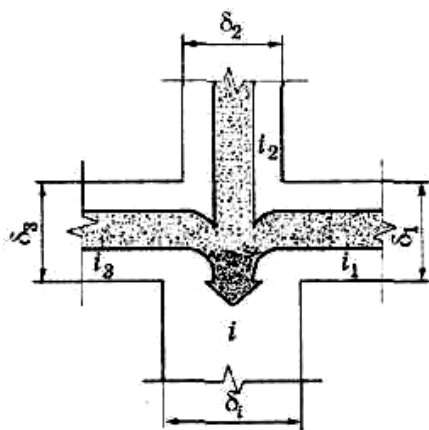


Рис. 2. Схема злиття людських потоків

Час евакуації людей по i -й ділянці при кількості людей N_i та граничній пропускній здатності ділянки шляху $Q_{гр}$ визначають за формулою

$$\tau_i = \frac{N_i f}{Q_{гр}} = \frac{N_i f}{q_{гр} \delta_i}, \quad (9)$$

де $q_{гр}$ – інтенсивність руху людей при граничній щільності ($D \geq 0,9$) $\text{м} \cdot \text{хв}^{-2}$.

Аналогічно

$$\tau_{i-1} = \frac{N_i f}{\sum Q_{i-1}} = \frac{N_i f}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})}, \quad (10)$$

Отже,

$$\Delta \tau = N_i f \left[\frac{1}{q_{гр} \delta_i} - \frac{1}{\sum (q_{i-1} \delta_{i-1})} \right]. \quad (11)$$

Вивчення специфіки та використання параметрів руху людей дозволяє прогнозувати процес евакуації та передбачати необхідні умови безпеки при проектуванні будівель та споруд, особливо з масовим перебуванням людей.

Література

1. Наказ МВС України від 30 грудня 2014 року №1417 «Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні».
2. Наказ Міністерства оборони України № 143 від 02.04.2019 «Про затвердження Правил забезпечення пожежної безпеки в системі Міністерства

оборони України». ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

3. Рожков А.П. «Пожежна безпека». Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України. - Київ: Пожінформтехніка, 1999. - 256 с.: іл.

4. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

5. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».