

Шифр роботи «Чинники пожеж»

**Назва роботи «ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ
ПОЖЕЖІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ З
ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ ПАПЕРОВОЇ ФАБРИКИ»**

2020

З М І С Т

1. Актуальність роботи.....	3
2. Методики досліджень.....	4
3. Результати роботи.....	4
3.1. Аналіз небезпечних чинників пожежі у виробничих цехах паперової фабрики.....	4
3.2. Розрахунок тривалості блокування шляхів евакуації небезпечними чинниками пожежі в цеху переробки паперу.....	7
3.3. Розрахунок тривалості евакуації людей із приміщень будівель.....	16
Висновки.....	27
Література.....	29

1. Актуальність роботи

Сьогоднішня ситуація в Україні щодо пожеж та аварій характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості техногенних надзвичайних ситуацій змушує розглядати їх, як значну загрозу безпеці окремих людей, суспільству та навколишньому середовищу, а також стабільності розвитку економіки країни.

Запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків є одним із найважливіших завдань органів ДСНС. Відповідно до статистичного обліку пожеж в Україні з початку 2020 року зареєстровано 91 768 пожежі. Кількість загиблих внаслідок пожеж перевищує 1100 осіб. У виробничій сфері виникло 1485 пожеж [1].

Основними причинами небезпечних аварій на виробництві і далі залишаються порушення вимог безпеки керівниками робіт, спеціалістами та персоналом, відхилення від встановлених технологій і регламентів, конструктивні недоліки та несправності обладнання, машин, неправильні інженерні рішення, відсутність надійних систем запобігання і локалізації аварій та пожеж, приладів контролю і засобів захисту. Особливо небезпечними є виробництва з наявністю великої кількості пожежонебезпечних речовин та матеріалів, на яких виникнення навіть локальних пожеж або вибухів при несприятливому збігу обставин може призвести до катастрофічних масштабів.

Непоодинокі, на жаль, випадки виникнення надзвичайних ситуацій на підприємствах з виробництва паперу. Аналіз даних про пожежі на таких підприємствах свідчить, що основними їх причинами пожеж є: недосконалість та несправність технологічного обладнання, порушення правил його експлуатації, проведення вогневих робіт з порушенням правил пожежної безпеки, робота електроустановок з порушенням правил їх експлуатації, порушення загального протипожежного режиму.

В таких умовах важливим заходом є забезпечення пожежної безпеки на виробництві, створення умов для безпеки працівників, успішної евакуації їх в умовах пожежі. Діяльність із забезпечення пожежної та техногенної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств.

Мета роботи – дослідження небезпечних чинників пожежі для розрахунку часу евакуації з виробничого цеху паперової фабрики.

2. Методики досліджень

1) Методика розрахунку часу евакуації згідно ДСТУ 8828-2019 [2].

Згідно ДСТУ 8828-2019 для опису термогазодинамічних параметрів пожежі та визначення небезпечних чинників пожежі використовуються три основні групи детерміністичних моделей: інтегральні, зонні (зональні) та польові. В роботі застосовували польову модель.

2) Програмне середовище FDS (Fire Dynamics Simulator) [3].

Програма FDS (Fire Dynamics Simulator) реалізує розрахункову гідродинамічну модель тепло-масопереносу під час моделювання пожежі як на відкритих просторах, так і в огороженні на основі польової моделі. FDS розв'язує рівняння Нав'є-Стокса для низькошвидкісних температурно-залежних потоків. Особлива увага в програмі надається поширенню диму і теплопередачі під час пожежі.

3. РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

3.1. Аналіз небезпечних чинників пожежі у виробничих цехах паперової фабрики

У роботах [4 – 6] вказано, що при пожежі більшість людей гине на початковій стадії її розвитку. Початковою стадією розвитку пожежі вважається час від моменту виникнення горіння до моменту переходу пожежі в об'ємну фазу. Тривалість початкової стадії розвитку пожежі

залежить від багатьох чинників, зокрема, кількості, виду, структури, вологості, орієнтації в просторі пожежного навантаження, потужності джерела запалювання, об'єму приміщення, стану вентиляції тощо. Цей час становить від 5 до 30 хвилин.

Під час початкової стадії розвитку пожежі, в приміщенні створюються небезпечні чинники, які мають загрозу для життя людини.

Відповідно до ДСТУ 2272:2006 [7], небезпечним чинником пожежі є прояв пожежі, що призводить чи може призвести до опіків, отруєння леткими продуктами згоряння або піролізу, травмування чи гибелі людей і (або) до заподіяння матеріальних, соціальних, екологічних збитків.

До небезпечних чинників пожежі, згідно ДСТУ 8828-2019 [2], відносять:

1. Полум'я та іскри;
2. Підвищену температуру навколишнього середовища;
3. Токсичні продукти горіння та термічного розкладання;
4. Дим;
5. Знижену концентрація кисню.

До вторинних проявів небезпечних чинників пожежі відносять [2]:

- уламки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій будівель та споруд;
- радіоактивні та токсичні речовини і матеріали, які вийшли із зруйнованих апаратів і установок;
- електричний струм, що виник в результаті винесення високої напруги на струмопровідні частини конструкцій, апаратів, агрегатів;
- небезпечні чинники вибуху (ударна хвиля, полум'я, уламки конструкцій, обладнання, комунікацій будівель і споруд, шкідливі речовини, які утворилися в результаті вибуху), який виник в наслідок пожежі;
- негативні наслідки зумовлені застосуванням вогнегасних речовин.

Небезпека підвищеної температури середовища полягає у тому, що вдихання розігрітого повітря разом із продуктами горіння може призвести до ураження органів дихання та смерті. Гранично допустиме значення підвищеної температури становить $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Під час пожежі температура полум'я може досягати $1200\dots1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, і у людей, що знаходяться у зоні пожежі, випромінювання полум'я можуть спричинити опіки та больові відчуття. Гранично допустиме значення теплового потоку становить 2500 Вт/м^2 [2].

Дим – суміш дрібних твердих частинок і газуватих продуктів, які виділяються в повітря при згорянні речовин і знаходяться у завислому стані. Дим зумовлює інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо). У задимлених приміщеннях унаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а інколи здійснити її стає неможливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт , становить до $2,5\text{ м}$. Задимленість вважається граничною, якщо показник послаблення світла димом на одиницю довжини становить $2,4$. Гранично допустиме значення втрати видимості складають – 20 м (у випадку, коли обидва горизонтальні лінійні розміри приміщення менші 20 м , гранично допустиму відстань щодо втрати видимості слід приймати рівною найбільшому горизонтальному лінійному розміру) [2].

Знижена концентрація кисню зумовлена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція окиснення горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини вважається вміст кисню в повітрі менший 14% (норма – 21%). При цьому втрачається координація рухів, з'являється слабкість, запаморочення, загальмовується свідомість. При концентрації кисню $9\dots11\%$ смерть настає через декілька хвилин. Гранично допустиме значення зниженого вмісту кисню становить $0,226\text{ кг/м}^3$ [2].

Токсичні продукти горіння мають найбільшу загрозу для життя і здоров'я людини, особливо при пожежах у приміщеннях та будівлях. Адже

в сучасних виробничих, побутових та адміністративних приміщеннях є значна кількість синтетичних матеріалів, що є основними джерелами токсичних продуктів горіння. Так, при горінні пінополіуретану та капрону утворюється ціанистий водень (синильна кислота), вініпласту хлористий водень (HCL) та оксид вуглецю (CO), лінолеуму – сірководень та сірчистий газ тощо. Найчастіше при пожежах спостерігається високий вміст у повітрі оксиду вуглецю (CO). У підвалах, шахтах, тунелях, складах його вміст може становити від 0,15 до 1,5 %, а у приміщеннях – 0,1...0,6%. Гранично допустимі значення токсичних газоподібних продуктів згоряння становлять [2]: CO₂ – 0,11 кг/м³; CO – 1,16·10⁻³ кг/м³; HCL – 23·10⁻⁶ кг/м³).

Дослідження небезпечних чинників пожежі необхідне для розрахунку тривалості блокування шляхів евакуації.

3.2. Розрахунок тривалості блокування шляхів евакуації небезпечними чинниками пожежі в цеху переробки паперу

У роботі проводили вибір сценарію пожежі, за якого очікуються найгірші наслідки для людей, які знаходяться в цеху переробки паперу.

Побудова сценарію розвитку пожежі складається з таких етапів:

- вибір місця перебування первинного осередку пожежі та закономірностей його розвитку;
- вибір розрахункової області (вибір приміщень, які розглядаються під час розрахунку, визначення елементів внутрішньої структури приміщень, які враховуються під час розрахунку, вибір стану прорізів);
- задання параметрів довкілля та початкових значень параметрів всередині приміщень.

Вибір місцезнаходження осередку пожежі проводили експертним шляхом. При цьому враховувалась кількість горючого навантаження, його властивості та розташування, ймовірність виникнення пожежі, можлива динаміка її розвитку, розташування евакуаційних шляхів та виходів.

Найчастіше під час розрахунків розглядаються три основні види

розвитку пожежі: кругове поширення пожежі по твердому горючому навантаженню, лінійне поширення пожежі по твердому горючому навантаженню, нестале горіння горючої рідини.

Швидкість вигорання пожежного навантаження для цих випадків визначається за формулами:

$$\psi = \begin{cases} \psi_{\text{пит}} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 & \text{- для кругового розповсюдження пожежі} \\ \psi_{\text{пит}} \cdot 2 \cdot v \cdot t \cdot b & \text{- для лінійного розповсюдження пожежі} \\ \psi_{\text{пит}} \cdot F \cdot \sqrt{\frac{t}{t_{\text{ст}}}} & \text{- для несталого горіння горючих рідин} \end{cases}$$

де $\psi_{\text{пит}}$ – питома швидкість вигорання, кг/(с·м²); v – швидкість поширення полум'я, м/с; b – ширина смуги горючого навантаження, м; $t_{\text{ст}}$ – час стабілізації горіння горючої рідини, с; F – площа осередку пожежі, м².

У роботі обрали метод моделювання, склали математичну модель, яка відповідає цьому сценарію, провели моделювання динаміки розвитку пожежі. На підставі отриманих результатів розраховується тривалість досягнення кожним із небезпечних чинників пожежі гранично допустимого значення на шляхах евакуації.

Критичний час за кожним з небезпечних чинників пожежі визначали як тривалість досягнення цим чинником гранично допустимого значення на шляхах евакуації на висоті 1,7 м від підлоги.

Гранично допустимі значення за кожним з небезпечних чинників пожежі приймали згідно ДСТУ 8828-2019 [2].

При використанні польової моделі визначення критичного часу має істотні особливості, пов'язані з тим, що критичне значення в різних точках приміщення досягається неодноразово. Для приміщень із порівнянними горизонтальними розмірами критичний час визначається як максимальне з критичних часів для евакуаційних виходів із даного приміщення – час блокування останнього виходу.

Визначається час блокування $t_{\text{бл}}$:

$$t_{\text{от}} = \min \{ t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{T.П.}}, t_{\text{кр}}^{\text{В.В.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{T.Г.}} \}$$

Вибір місця перебування первинного осередку пожежі та закономірностей його розвитку

Приймаємо виникнення пожежі у центрі цеху. У цьому випадку матимемо кругову пожежу.

Для цеху застосуємо польову модель пожежі. Для розрахунку часу блокування евакуаційних виходів небезпечними чинниками пожежі використаємо програмне середовище FDS (Fire Dynamics Simulator) [1].

Початкові параметри середовища: температура – 20 °С, відносна вологість – 50 %, тиск атмосферний – 101325 Па, вміст кисню в повітрі – 0,245 кг/кг.

Схема приміщення, у яких поширюються небезпечні чинники пожежі в цеху переробки паперу приведена на рис.1.

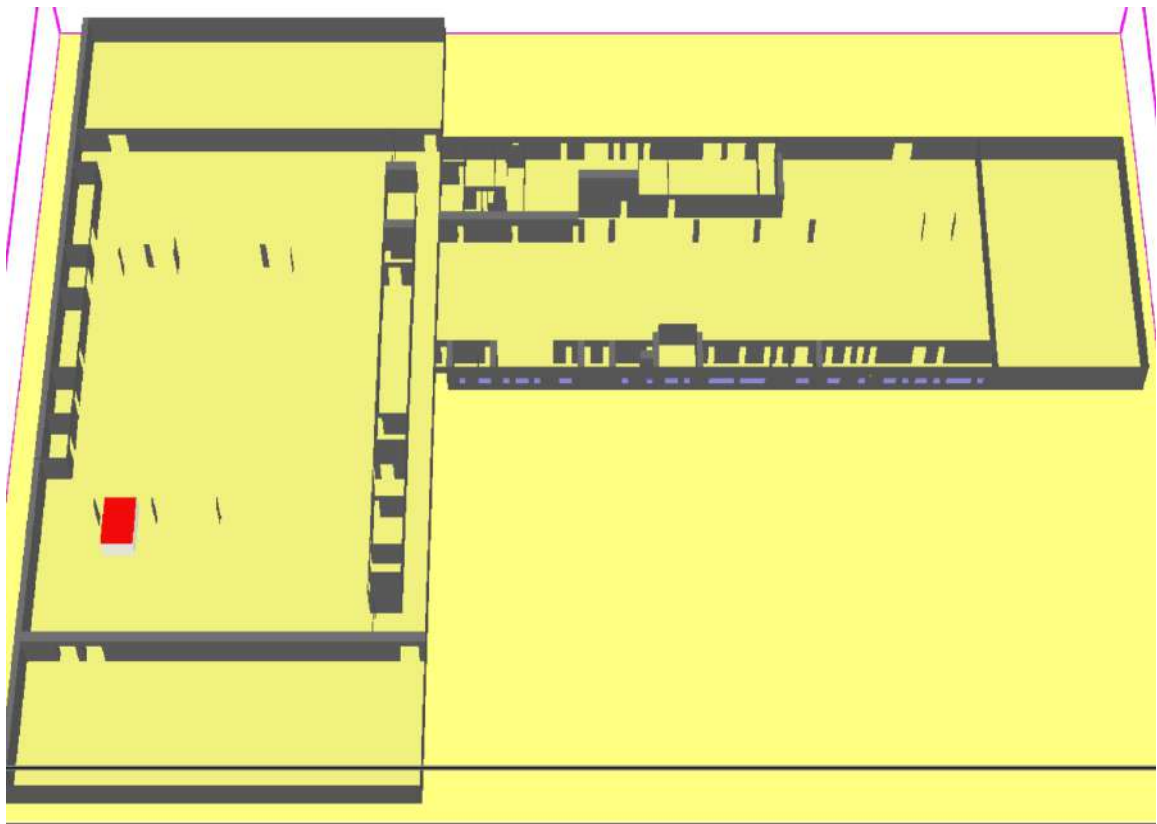


Рис. 1. Приміщення, у яких поширюються небезпечні чинники пожежі при пожежі в цеху переробки паперу

Результати моделювання пожежі в цеху переробки паперу через 190 с приведено на рисунках 2 – 6.

Зокрема, на рис. 2 показано результати розрахунку тривалості блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі – втратою видимості – в цеху переробки паперу через 190 секунд.

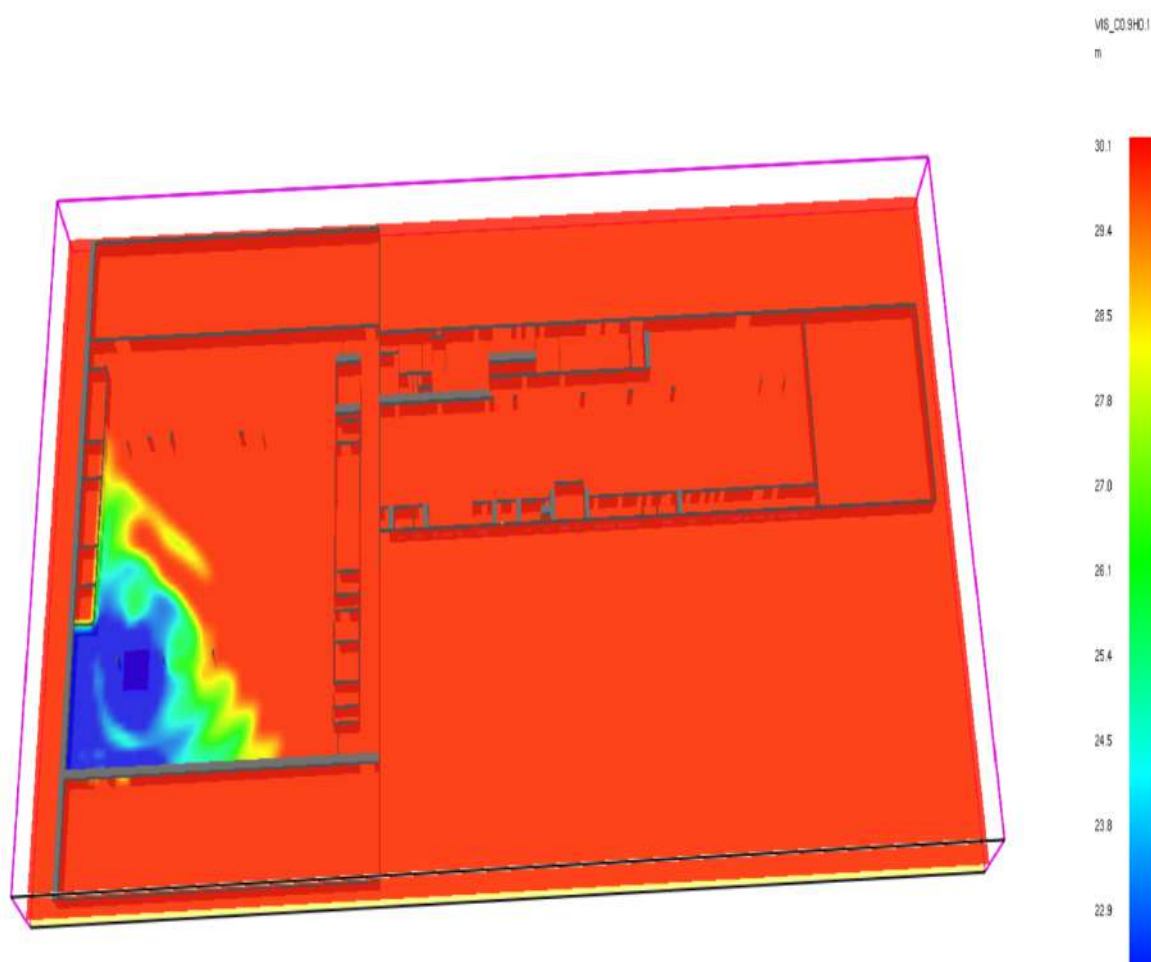


Рис. 2. Видимість в приміщеннях при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд.

Як показано (рис. 2), блокування евакуаційних виходів через втрату видимості при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд не відбувається.

На рис. 3 показано результати розрахунку тривалості блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі (підвищеною температурою) в цеху переробки паперу через 190 секунд.

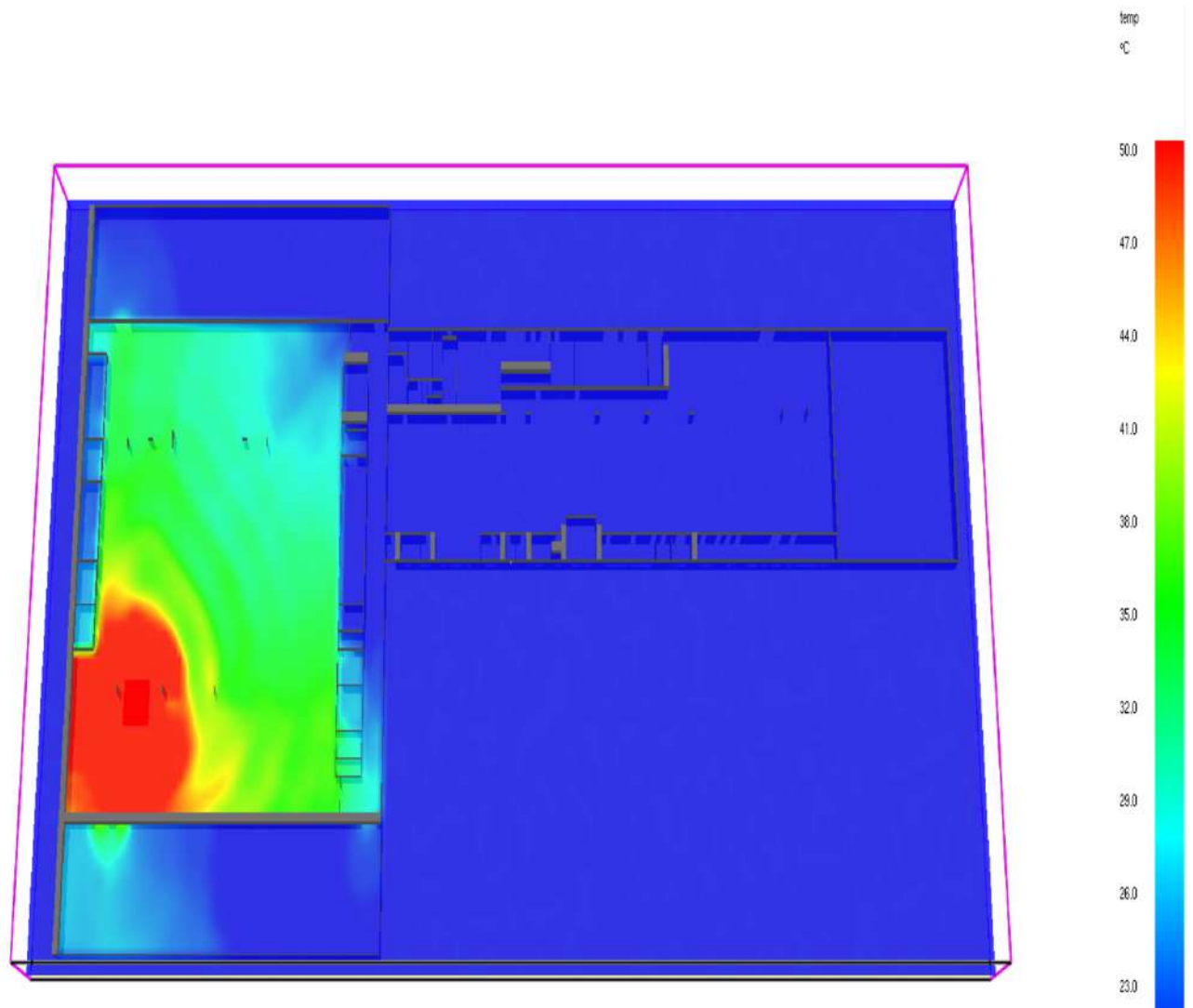


Рис. 3. Температура в приміщеннях при пожежі в цеху переробки паперу на 190-й секунді

Як показано (рис. 3), блокування евакуаційних виходів через підвищену температуру при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд не відбувається.

На рис. 4 показано результати розрахунку тривалості блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі (підвищеною концентрацією CO) в цеху переробки паперу через 190 секунд.

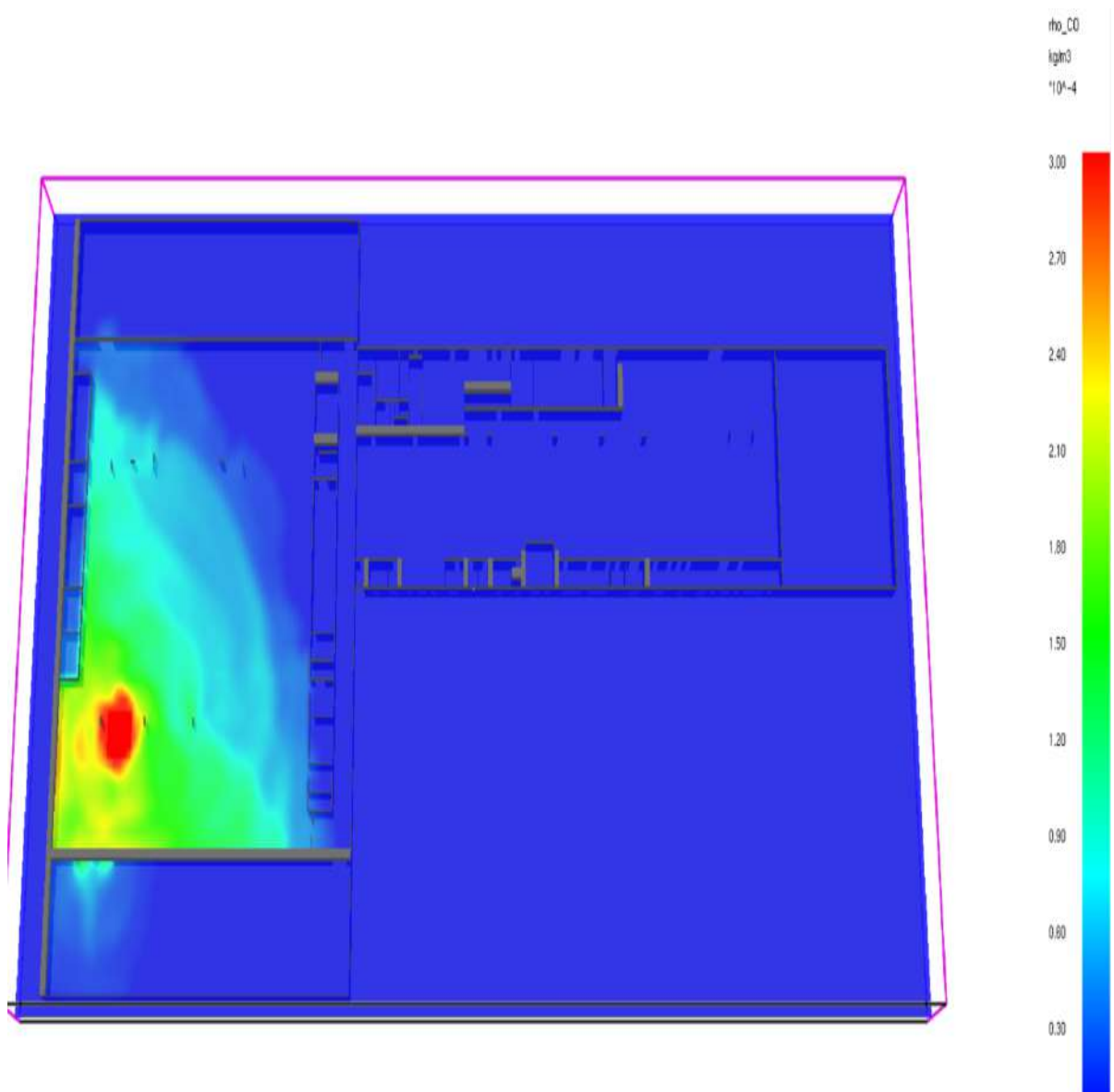


Рис. 4. Концентрація CO в приміщеннях при пожежі в цеху переробки паперу на 190-й секунді

Як показано (рис. 4), блокування евакуаційних виходів через підвищену концентрацією CO при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд не відбувається.

На рис. 5 показано результати розрахунку тривалості блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі (підвищеною концентрацією CO_2) в цеху переробки паперу через 190 секунд.

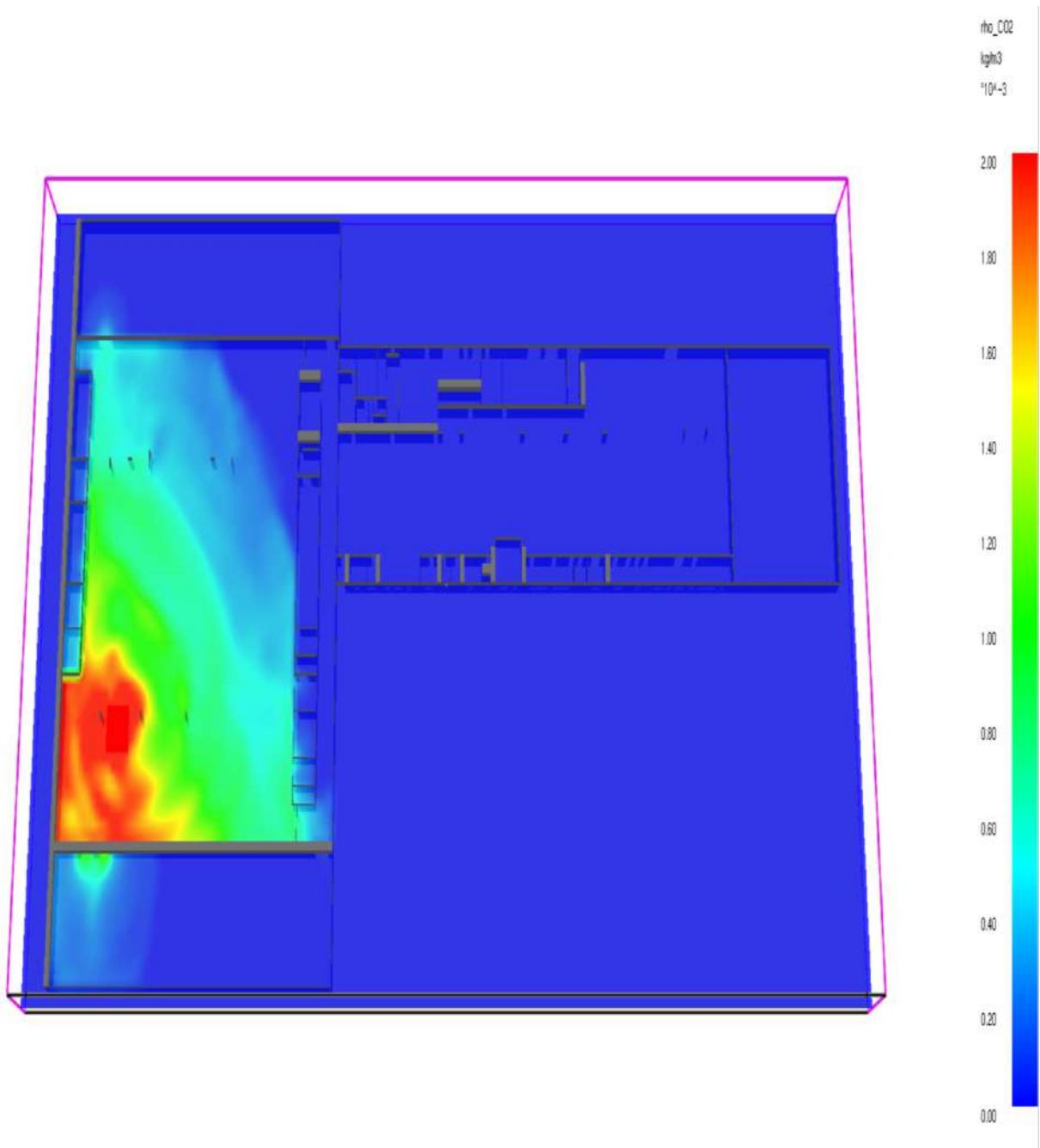


Рис. 5. Концентрація CO_2 в приміщеннях при пожежі в цеху переробки паперу на 190-й секунді

Як показано (рис. 5), блокування евакуаційних виходів через підвищену концентрацією CO_2 при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд не відбувається.

На рис. 6 показано результати розрахунку тривалості блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі (низькою концентрацією O_2) в цеху переробки паперу через 190 секунд.

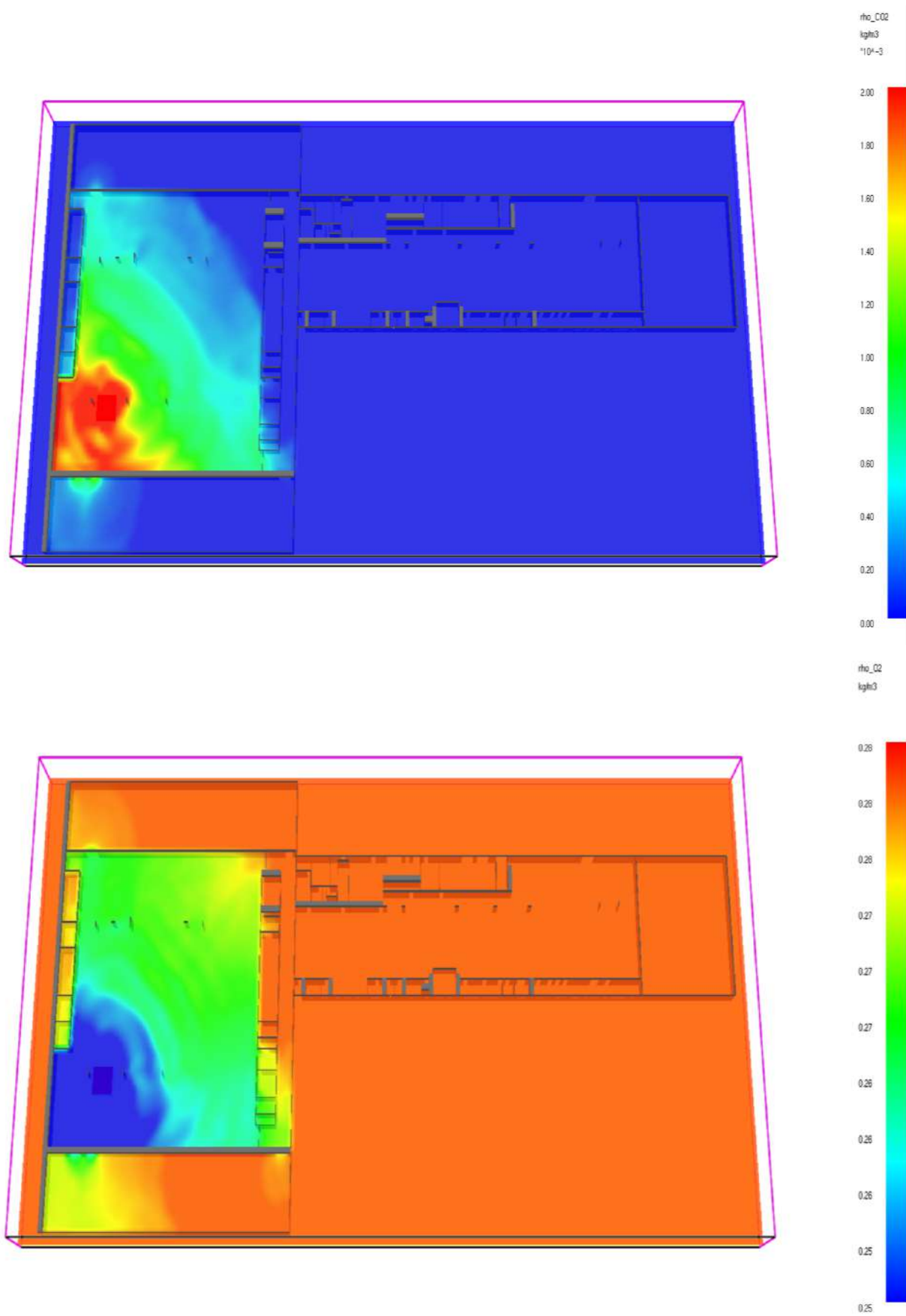


Рис. 6. Концентрація O_2 в приміщеннях при пожежі в цеху переробки паперу на 190-й секунді

Як показано (рис. 6), блокування евакуаційних виходів через низьку концентрацію O_2 при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд не відбувається. Таким чином, станом на 190 с (час евакуації останньої людини) евакуаційні шляхи не блокуються.

Встановлено (рис. 7), що найшвидше відбувається блокування евакуаційних виходів з цеху переробки паперу через втрату видимості і становить 331 с.

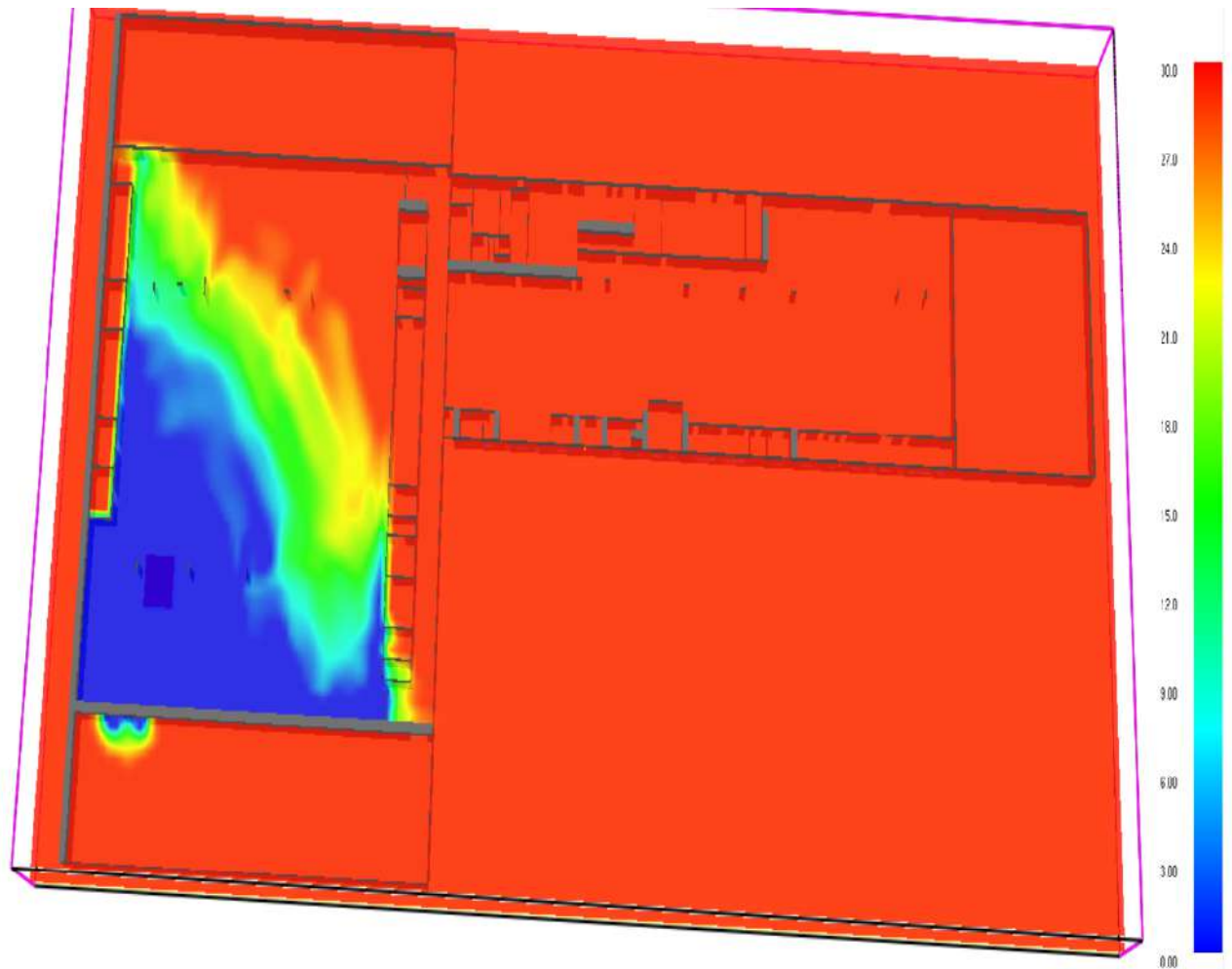


Рис. 7. Видимість в приміщеннях в приміщеннях при пожежі в цеху переробки паперу на 331 секунд

Як показано, відбувається блокування евакуаційних виходів – видимість становить менше 20 м.

Висновок. Таким чином, час блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі – втратою видимості – з цеху переробки паперу становить 331 с.

3.3. Розрахунок тривалості евакуації людей із приміщень будівель

Розрахункова тривалість евакуації людей t_p із приміщень і будівель встановлюється за розрахунком тривалості руху одного чи декількох людських потоків через евакуаційні виходи від найбільш віддалених місць розташування людей.

Під час розрахунку весь шлях руху людського потоку поділяється на ділянки (прохід, коридор, дверний проріз, сходовий марш, тамбур) довжиною l_i і шириною b_i . Початковими ділянками є проходи між робочими місцями, обладнанням, рядами крісел тощо.

Під час визначення розрахункового часу евакуації людей довжину і ширину кожної ділянки шляху евакуації для будівель, які проєктуються, приймають згідно з проєктом, а для побудованих – за фактичним значенням. Довжину шляху сходовими маршами, а також по пандусах вимірюють за довжиною маршу. Довжина шляху в дверному прорізі дорівнює нулю (приймається). Проріз, розташований у стіні товщиною більше 0,7 м, а також тамбур слід вважати самостійними ділянками горизонтального шляху, які мають кінцеву довжину l_i .

Розрахункова тривалість евакуації людей t_p визначається як сума тривалості руху людського потоку на окремих ділянках шляху t_i за формулою:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots t_i,$$

де: t_1 – тривалість руху людського потоку на першій (початковій) ділянці, яка найбільш віддалена від евакуаційного виходу, хв;

$t_2, t_3, t_4, \dots t_i$ – тривалість руху людського потоку на кожній із наступних після першої ділянки шляху, хв.

Не потрібно додавати розрахункову тривалість евакуації людей t_p у випадку руху людського потоку в паралельних проходах, які потім виходять в один прохід.

Тривалість руху людського потоку по першій ділянці шляху t_1 , хв, розраховують за формулою:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1},$$

де: l_1 – довжина першої ділянки шляху, м;

V_1 – швидкість руху людського потоку по горизонтальному шляху на першій ділянці, м/хв (визначається за таблицею А.1 [2] у залежності від щільності D).

Щільність однорідного людського потоку на першій ділянці шляху D_1 розраховують за формулою:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot b_1},$$

де: N_1 – кількість людей на першій ділянці, люд.; f – середня площа горизонтальної проєкції людини, м²/люд., яка приймається відповідно до підрозділу 8.4 додатка А [1]; b_1 – ширина першої ділянки шляху, м.

Швидкість V_1 руху людського потоку на ділянках шляху, наступних після першого, приймають за таблицею А.1 [2] залежно від інтенсивності руху людського потоку на кожній із цих ділянок шляху, яку обчислюють для всіх ділянок шляху, у тому числі і для дверних прорізів, за формулою:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot b_{i-1}}{b_i},$$

де: b_i, b_{i-1} – ширина розглянутої i -ї та попередньої їй ділянки шляху, м; q_i, q_{i-1} – інтенсивності руху людського потоку по розглянутій-й і попередній ділянкам шляху, м/хв (інтенсивність руху людського потоку на першій ділянці шляху q_1 визначається за таблицею А.1[2] за значенням D_1).

Якщо значення q_i менше чи дорівнює q_{\max} , то час руху по ділянці шляху t_i , хв, дорівнює:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i},$$

при цьому значення q_{\max} , м/хв слід приймати рівними:

$q_{\max}=16,5$ – для горизонтальних шляхів; $q_{\max}=19,6$ – для дверних прорізів; $q_{\max}=16,0$ – для сходів вниз; $q_{\max}=11,0$ – для сходів вверх.

Якщо значення q_i більше q_{\max} , то ширину b_i даної ділянки шляху слід збільшувати на таке значення, за якого дотримується умова:

$$q_i \leq q_{\max}.$$

За неможливості виконання цієї умови інтенсивність і швидкість руху людського потоку по ділянці i визначають за таблицею А.1 [2] за значення $D=0,9$ і більше. При цьому слід враховувати час затримки руху людей через їх скупчення

Час затримки t_z руху на ділянці i , що утворився через скупчення людей на межі з наступною ділянкою ($i+1$), визначається за формулою:

$$t_z = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{при } D=0,9} \cdot b_{i+1}} - \frac{1}{q_{i+1} \cdot b_i} \right),$$

де: N – кількість людей, люд.;

f – площа горизонтальної проекції, м²;

$q_{\text{при } D=0,9}$ – інтенсивність руху через ділянку $i+1$ при щільності 0,9 і більше, м/хв;

b_{i+1} – ширина ділянки, м, при входженні на який утворилося скупчення людей;

q_{i+1} – інтенсивність руху на ділянці i , м/хв;

b_i – ширина попередньої ділянки i , м.

Розрахунковий час евакуації по ділянці i , в кінці якої на межі з ділянкою ($i+1$) утворилося скупчення людей, дорівнює часу існування скупчення $t_{ск}$. Розрахунковий час евакуації по ділянці i допускається визначати за формулою:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i} + t_z.$$

За злиття на початку i -ї ділянки двох і більше людських потоків інтенсивність руху q_i , м/хв, розраховують за формулою:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot b_{i-1}}{b_i},$$

де: q_{i-1} – інтенсивність руху людських потоків, що зливаються на початку i -ї ділянки, м/хв;

b_{i-1} – ширина ділянок шляху злиття, м;

b_i – ширина розглянутої ділянки шляху, м.

Якщо значення q_i більше q_{\max} , то ширину b_i даної ділянки шляху слід збільшувати на таке значення, щоб дотримувалася умова. За неможливості виконання умови інтенсивність і швидкість руху людського потоку по ділянці i визначають за таблицею А.1[2] за значення $D=0,9$ і більше. При цьому слід враховувати тривалість затримки руху людей через їх скупчення, що утворилося.

Визначення довжини (вздовж осі шляху) відрізняється для горизонтальних і похилих шляхів. До похилих шляхів відносяться сходи та пандуси. Вільна ширина b похилого шляху, наприклад, сходового маршу, приймається у просвіті: від перил до стіни. Довжина похилого шляху L приймається по його дійсному значенню. Поверхові та міжповерхові площадки з метою спрощення та полегшення обчислень, з огляду на їх невеликі розміри та меншу складність руху по них у порівнянні зі сходовими маршами, допускається віднести до похилих шляхів. Тоді середня довжина похилого шляху в межах одного поверху, з урахуванням руху по площадках, складе:

$$\text{для двомаршових сходів: } L = \frac{L'}{\cos\alpha},$$

де: L' – горизонтальна проекція довжини похилого шляху, м;

α – кут нахилу до горизонту;

не допускаючи серйозної похибки, довжину шляху по двомаршовим сходам можна приймати рівній його потроєній висоті H , тобто $L=3 \cdot H$;

$$\text{для тримаршових сходів: } L = \frac{2L'}{\cos\alpha} + \frac{L''}{\cos\alpha} + L'' + 4 \cdot b.$$

Пандуси, якщо їх нахил незначний (менше 1:8), можна відносити до горизонтальних шляхів, при більш значних нахилах – до сходів. Довжина похилого шляху також визначається по його осі.

3.3.1. Розрахунок фактичного часу евакуації з позначки +7.200

Для приміщення, в якому виникла пожежа час початку евакуації розраховується за формулою А.27 [2].

Якщо пожежа виникне в залі ПРМ, час початку евакуації становитиме:

$$t_{\text{пе}} = 5 + 0,01 \cdot F = 5 + 0,01 \cdot 2666 \approx 31 \text{ с.}$$

де – площа залу ПРМ(2666,35 м²).

Якщо пожежа виникне в цеху переробки паперу, час початку евакуації становитиме:

$$t_{\text{пе}} = 5 + 0,01 \cdot F = 5 + 0,01 \cdot 4324 \approx 49 \text{ с.}$$

де – площа залу ПРМ(2666,35 м²).

Середню площу горизонтальної проєкції згідно з таблицею А.7 [2], приймаємо як для дорослих осіб, що знаходяться в зимовому одязі, яка становитиме 0,125 м².

Розрахункова схема евакуації людей з позначки +7.200 через сходи на позначку +4.200 до моменту злиття із потоком людей, які евакуюються із позначки +4.200 наведена на рисунку 8.

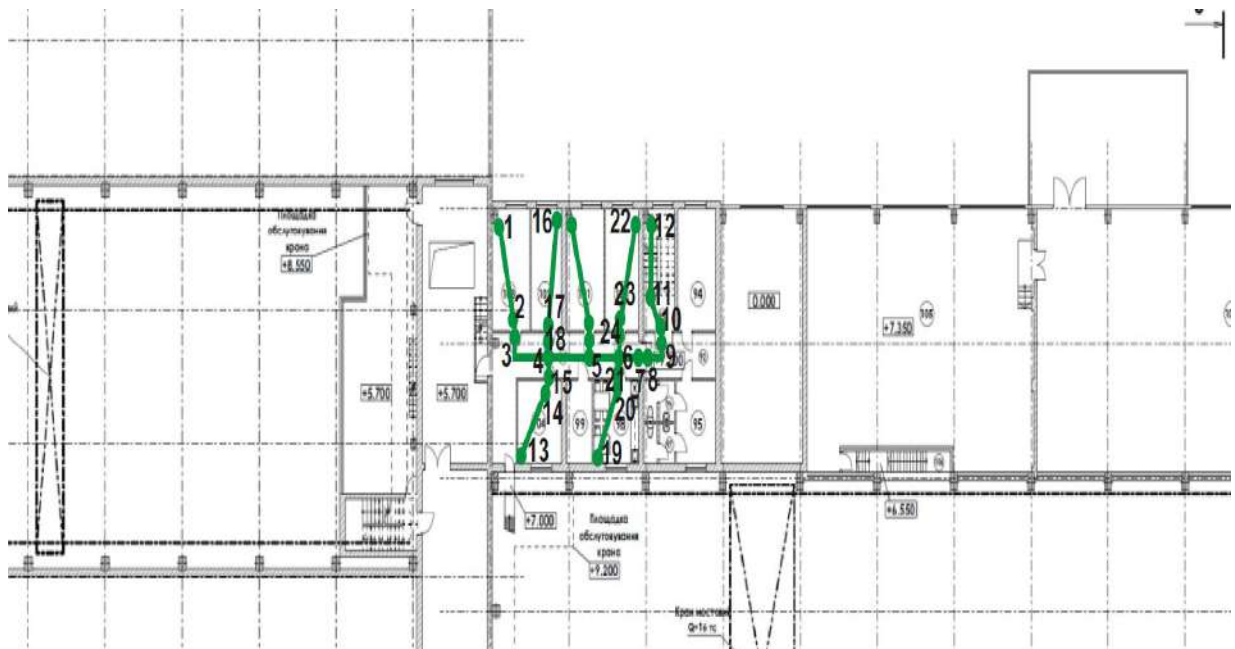


Рис.8. Розрахункова схема евакуації людей з позначки +7.200 через сходи на позначку +4.200 до моменту злиття із потоком людей, які евакуюються із позначки +4.200

Розрахунок проводився за формулами, які приведені вище. Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку часу евакуювання людей евакуації людей з позначки +7.200 через сходи на позначку +4.200 до моменту злиття із потоком людей, які евакууюються із позначки +4.200

Початок ділянки	Кінець ділянки	Довжина	Ширина	Тип ділянки	Кількість осіб	Площагориз. проєкціїлюдини	Щільність людського потоку	Швидкість потоку	Розра-хунковаінтен-сивність	Фактичнаінтен-сивність	Час руху на ділянці	Час затримки	Сумарний час руху ділянки
Потік №1													
1	2	7	1	1	2	0,125	0,036	100,00	3,57	3,57	0,070		0,070
2	3	0	1	4	2	0,125		100,00	3,57	3,57	0,000		0,070
3	4	3	1,5	1	2	0,125		100,00	2,38	2,38	0,030		0,100
4	5	3	1,5	1	6	0,125		89,68	6,55	6,55	0,033		0,133
5	6	3	1,5	1	8	0,125		76,85	8,63	8,63	0,039		0,172
6	7	2,5	1,5	1	14	0,125		55,06	12,80	12,80	0,045		0,218
7	8	0	1,4	4	14	0,125		58,69	13,71	13,71	0,000		0,218
8	9	4	1,5	1	14	0,125		55,06	12,80	12,80	0,073		0,291
9	10	0	1,4	4	14	0,125		58,69	13,71	13,71	0,000		0,291
10	11	2	1,5	1	14	0,125		55,06	12,80	12,80	0,036		0,327
11	12	9	1,5	2	14	0,125		72,18	12,80	12,80	0,125		0,452

Як показано, від моменту початку евакуації людей з позначки +7.200 до моменту злиття із потоком людей, які евакууюються із позначки +4.200 пройде $0,452 \text{ хв} = 28 \text{ с}$.

3.3.2. Розрахунок фактичного часу евакуації з позначки +4.200

Розрахункова схема евакуації людей з позначки +4.200 через сходи на позначку +1.200 до моменту злиття із потоками людей, які евакууюються із позначки +1.200 наведена на рисунку 9.



Рис. 9. Розрахункова схема евакуації людей з позначки +4.200 через сходи на позначку +1.200 до моменту злиття із потоком людей, які евакуюються із позначки +1.200

Розрахунок проводився за формулами, наведеними вище. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку часу евакуування людей евакуації людей з позначки +4.200 через сходи на позначку +1.200 до моменту злиття із потоком людей, які евакууюються із позначки +4.200

Початок ділянки	Кінець ділянки	Довжина	Ширина	Тип ділянки	Кількість осіб	Площагориз. проекціїлюдини	Щільність людського потоку	Швидкість потоку	Розра-хунковаінтен-сивність	Фактичнаінтен-сивність	Час руху на ділянці	Час затримки	Сумарний час руху ділянки
Потік №1													
1	2	8	1	1	2	0,125	0,031	100,00	3,13	3,13	0,080		0,080
2	3	0	1	4	2	0,125		100,00	3,13	3,13	0,000		0,080
3	4	3	1	1	2	0,125		100,00	3,13	3,13	0,030		0,110
4	5	2	1	1	4	0,125		91,67	6,25	6,25	0,022		0,132
5	6	2,5	1	1	6	0,125		73,13	9,38	9,38	0,034		0,166
6	7	9	1,5	2	12	0,125		81,20	11,33	11,33	0,111		0,277
Потік №2													
19	20	5,5	1	1	6	0,125	0,058	95,21	5,71	5,71	0,058		0,058
20	21	0	1	4	6	0,125		96,16	5,71	5,71	0,000		0,058
21	22	6	1,4	1	6	0,125		100,00	4,08	4,08	0,060		0,118
22	23	1	1,4	1	8	0,125		79,21	8,16	8,16	0,013		0,130
23	24	0	1,4	4	8	0,125		82,93	8,16	8,16	0,000		0,130
24	25	9	1,5	2	22	0,125		8,00	7,20	20,41	1,12 5	0,16	1,4 20
Потік №3													
14	15	18	1	1	12	0,125	0,083	86,67	7,00	7,00	0,20 8		0,2 08
15	16	0	1	4	12	0,125		89,19	7,00	7,00	0,00 0		0,2 08
16	17	2	1,5	1	12	0,125		100,00	4,67	4,67	0,02 0		0,2 28
17	18	9	1,5	2	12	0,125		100,00	4,67	4,67	0,09 0		0,3 18

Як показано, на місці злиття потоку людей, що евакууються із позначки +7,200 із потоком людей, що евакууються із позначки +4,200 виникає скупчення, час існування якого становить 0,16 с. Час від початку евакуації людей із позначки +7,200 до їх переходу на позначку +1,200 складає $0,452 + 1,420 = 1,872$ с = 113 с.

3.3.3. Розрахунок фактичного часу евакуації з позначок в +1.200 та +0,000 до виходу назовні

Розрахункова схема евакуації людей з позначок +1.200 та +0.000 до виходів назовні наведена на рисунку 10.

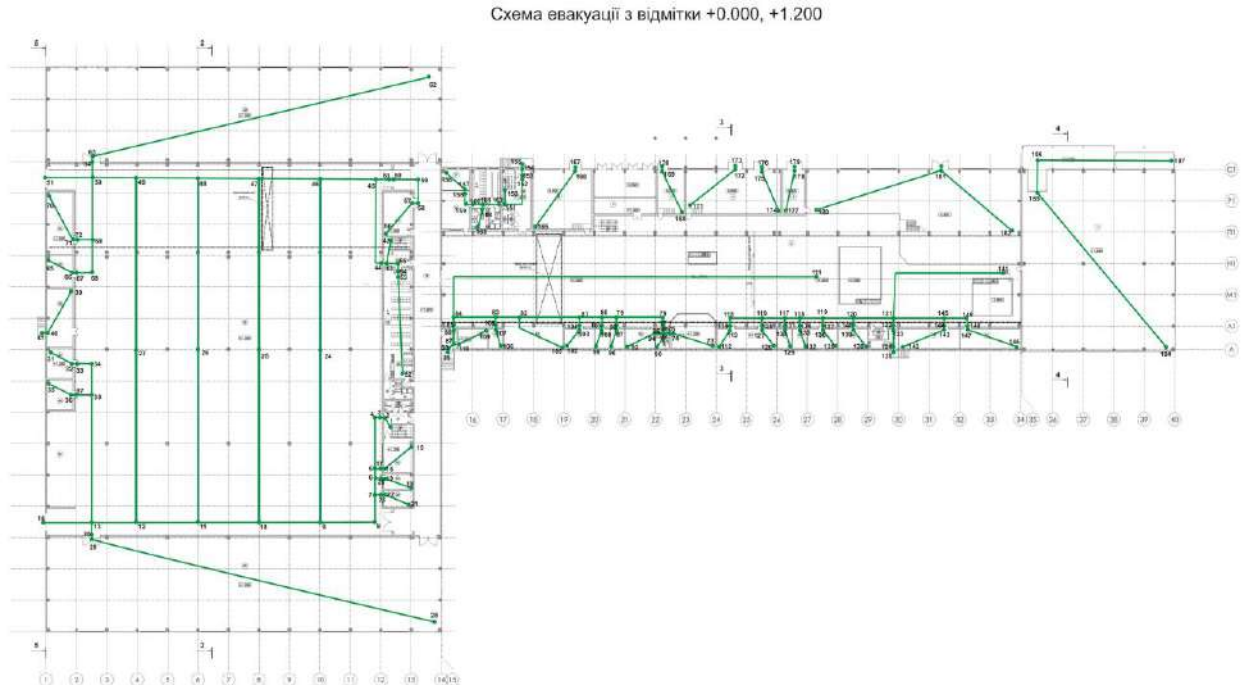


Рис. 10. Розрахункова схема евакуації людей з позначок +1.200 та +0.000 до виходів назовні.

Розрахунок проводився за формулами, які наведені вище. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.

Таблиця 3
Результати розрахунку часу евакуування людей евакуації людей з позначок +1.200 та +0.000 до виходів назовні

Початок ділянки	Кінець ділянки	Довжина	Ширина	Тип ділянки	Кількість осіб	Площа горн. з. проєкції площини	Щільність людського потоку	Швидкість потоку	Розрахункова інтенсивність	Фактична інтенсивність	Час руху на ділянці	Час затримки	Сумарний час руху ділянки
Потік №1													
1	2	2	1	1	12	0,125	0,750	21,00	16	16	0,095		0,095
2	3	0	1	4	12	0,125		49,10	16	16	0,000		0,095
3	4	1	3	1	12	0,125		97,78	5,33	5,33	0,010		0,105
4	5	9	3	1	12	0,125		97,78	5,33	5,33	0,092		0,198
5	6	2	3	1	16	0,125		82,22	7,67	7,67	0,024		0,222
6	7	4	3	1	18	0,125		76,24	9,58	9,58	0,052		0,274
7	8	5	3	1	20	0,125		62,50	11,50	11,50	0,080		0,354
8	9	10	3	1	20	0,125		62,50	11,50	11,50	0,160		0,514
9	10	12	3	1	22	0,125		57,94	12,33	12,33	0,207		0,721

10	11	12	3	1	24	0,125		52,78	13,17	13,17	0,227		0,949
11	12	12	3	1	26	0,125		47,62	14,00	14,00	0,252		1,201
12	13	8	3	1	28	0,125		44,30	14,83	14,83	0,181		1,381
13	14	6	3	1	32	0,125		41,23	15,67	15,67	0,146		1,527
Потік №2													
42	43	6	1	1	12	0,125	0,250	66,50	10,95	10,95	0,090		0,090
43	44	0	1	4	12	0,125		70,43	10,95	10,95	0,000		0,090
44	45	12	3	1	12	0,125		100,00	3,65	3,65	0,120		0,210
45	46	9	3	1	12	0,125		97,76	5,34	5,34	0,092		0,302
46	47	12	3	1	14	0,125		88,58	6,71	6,71	0,135		0,438
47	48	12	3	1	16	0,125		83,27	8,10	8,10	0,144		0,582
48	49	12	3	1	18	0,125		72,61	9,48	9,48	0,165		0,747
49	50	10	3	1	20	0,125		65,70	10,86	10,86	0,152		0,899
50	51	9	3	1	25	0,125		58,50	12,24	12,24	0,154		1,053
Потік №3													
150	151	3	1,5	1	22	0,125	0,611	27,44	16,3	16,3	0,109		0,109
151	152	7	3	1	28	0,125		54,42	12,90	12,90	0,129		0,238
152	153	0	1,4	4	28	0,125		85,14	7,75	27,65	0,000	0,22	0,455
153	154	2	1,5	1	28	0,125		66,98	10,60	10,60	0,030		0,484
154	155	0	1,4	1	28	0,125		63,19	11,36	11,36	0,000		0,484
Потік №4													
73	74	8	1	1	2	0,125	0,031	100,00	3,125	3,125	0,080		0,080
74	75	0	1	4	2	0,125		100,00	3,125	3,125	0,000		0,080
75	76	2	1	1	5	0,125		77,09	8,581	8,58	0,026		0,106
76	77	0	1	4	5	0,125		80,64	8,581	8,581	0,000		0,106
77	78	1	3	1	5	0,125		100,00	2,86	2,860	0,010		0,116
78	79	8	3	1	5	0,125		100,00	2,86	2,86	0,080		0,196
79	80	3	3	1	7	0,125		100,00	4,68	4,68	0,030		0,226
80	81	4	3	1	9	0,125		90,01	6,50	6,50	0,044		0,270
81	82	10	3	1	12	0,125		78,42	8,32	8,32	0,128		0,398
82	83	4	3	1	15	0,125		15,00	10,14	10,14	0,267		0,665
83	84	7	3	1	17	0,125		66,15	11,95	11,95	0,106		0,770
84	85	1	3	1	27	0,125		15,00	13,50	17,93	0,067	0,04	0,878
85	86	0	1,4	4	27	0,125		15,00	7,75	28,93	0,000	0,21	1,091
86	87	2	1,6	1	27	0,125		88,13	6,78	6,78	0,023		1,113
87	88	1	1,6	1	30	0,125		73,65	10,19	10,19	0,014		1,127
88	89	0	1,4	4	30	0,125		61,76	11,65	11,65	0,000		1,127

Отже, евакуація із залу ПРМ (відмітка +1,200) назовні триватиме 1,127 хв = 68 с від початку евакуації.

Людські потоки, що почали евакуюватися із позначки +4.200 та після спуску першими сходами злилися із потоками, які евакуюються з позначки

+1,200 через цех переробки паперу вийдуть назовні будівлі через $0,277+1,527=1,804$ хв = 109 с. Кількість людей – 32.

Людські потоки, що почали евакуюватися із позначки +4.200 та після спуску другими сходами злилися із потоками, які евакуюються з позначки +1,200 через цех переробки паперу вийдуть назовні будівлі через $0,318+1,053=1,371$ хв = 83 с. Кількість людей – 25.

Людські потоки, що почали евакуюватися із позначки +7.200 після злиття із потоками які евакуюються з позначки +4,200 та потоками, які евакуюються із позначки +1.200, вийдуть назовні будівлі через $0,452+1,420+0,484 = 2,356$ хв = 141 с. Кількість людей – 28.

Таким чином, із врахуванням максимального часу початку евакуації максимальний час евакуації із усіх приміщень становитиме

$$49 \text{ с} + 141 \text{ с} = 190 \text{ с}.$$

Порівняння часу блокування шляхів евакуації (див.розд 3.2.) із часом евакуації приведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняння часу блокування шляхів евакуації з часом евакуації з цеху переробки паперу

Відсік (приміщення)	Час блокування шляхів евакуації, с	Час евакуації, с
Цех переробки паперу	331	190

Висновок: оскільки час евакуації (190 с) менший за час блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі (331 с), то безпечна евакуація є забезпечена.

Висновки:

1. Проведений аналіз небезпечних чинників пожежі в цеху переробки паперу підприємства, таких як: полум'я та іскри; підвищена температура навколишнього середовища; токсичні продукти горіння та термічного розкладання; дим; знижена концентрація кисню.

2. Для опису термогазодинамічних параметрів пожежі в цеху переробки паперу підприємства і визначення небезпечних чинників пожежі застосовано польову модель. Розрахунки небезпечних чинників пожежі і часу евакуації проводилися з використання програмного середовища Fire Dynamics Simulator (FDS).

3. В роботі складено сценарій пожежі, за якого очікуються найгірші наслідки для людей, які знаходяться в цеху переробки паперу, розроблено математичну модель, яка відповідає цьому сценарію, проведено моделювання динаміки розвитку пожежі.

4. Розраховано тривалість досягнення небезпечних чинників пожежі гранично допустимих значень на шляхах евакуації. Критичний час кожного з небезпечних чинників пожежі визначали як тривалість досягнення цим чинником гранично допустимого значення на шляхах евакуації на висоті 1,7 м від підлоги.

5. Встановлено, що блокування евакуаційних виходів через втрату видимості, підвищену температуру, підвищену концентрацію CO, підвищену концентрацію CO₂, низьку концентрацію O₂ при пожежі в цеху переробки паперу через 190 секунд не відбувається.

6. Встановлено, що час блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі – втратою видимості – з цеху переробки паперу становить 331 с.

7. Побудовано розрахункові схеми евакуації людей з позначок +7.200, +4.200, +1.200 та +0.000 до виходів назовні будівлі підприємства.

Розраховано, що із врахуванням максимального часу початку евакуації максимальний час евакуації із усіх приміщень становитиме 190 с.

8. Проведено порівняння часу блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі з часом евакуації з цеху переробки паперу підприємства: оскільки час евакуації (190 с) менший за час блокування шляхів евакуації небезпечним чинником пожежі (331 с), то безпечна евакуація є забезпечена.

Література

1. Електронний ресурс: https://news.24tv.ua/ru/pozhary-ukraine-2020-godu-statistika-vpechatljaet-novosti-ukrainy_n1437533
2. ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення»
3. Програма FDS (Fire Dynamics Simulator) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://fds.sitis.ru/docs/FDS_5_User_Guide.pdf.
4. Ковалишин В.В., Чернов С.М. Експериментальне дослідження небезпечних факторів на початковій стадії розвитку пожежі/ ISSN 1681-7710. Системи обробки інформації, 2005, Випуск 7 (47). – с.77 -84.
5. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: ВИПТШ, 1980. – 256с.
6. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров: Пер. с англ. / Под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
7. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни і визначення.
8. Справочник «Пожарная нагрузка» СИТИС-СПН-1 редакция от 20.06.2014
9. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с. ISBN – 59229-0011-0
10. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. – М. : Стройиздат, 1984. – 375 с.
11. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
12. ДСТУ 2098-92 Виробництво паперу та картону. Терміни та визначення.
13. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».
14. Примаков С. П. Технологія паперу і картону : Навч. посіб. / С. П. Примаков, В. А. Барбаш. – 2-ге вид., переробл. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425 с.